

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERIA QUÍMICA

E. A. P. DE INGENIERIA QUÍMICA

**Planta de tratamiento de aguas residuales para regadío
en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

TESIS

para optar el título profesional de Ingeniero Químico

AUTOR

Pedro Alexis Quiroz Pedraza

Lima-Perú

2009

INDICE

RESUMEN

CAPITULO I. TECNOLOGIA, OPERACION Y PROCESOS DE TRATAMIENTO

1.1 Tecnologías de tratamiento.	1
1.2 Operaciones y procesos de tratamiento.	2
1.2.1 Operaciones unitarias físicas.	3
1.2.2 Procesos unitarios químicos.	5
1.2.3 Procesos unitarios biológicos.	6
1.2.3.1 Procesos con microorganismos fijos.	9
1.2.3.2 Procesos con microorganismos en suspensión.	12
1.2.3.3 Proceso aerobio versus proceso anaerobio.	18

CAPITULO II. MARCO LEGAL DEL PROYECTO

2.1 De los limites máximos permisibles (LMP).	19
2.2 De los usos de los efluentes tratados.	22

CAPITULO III. PROCESO DE SELECCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS

3.1 Proceso de selección.	23
3.1.1 Sistema de Criterios técnicos para la selección del tratamiento de agua residual.	23
3.1.2 Sistema de puntos para Seleccionar la mejor alternativa de tratamiento de agua residual.	30

3.2 Descripción de las alternativas seleccionadas.	38
--	----

CAPITULO IV. SERVICIOS ACTUALES DE LA UNMSM

4.1 Servicios básicos que recibe la universidad.	54
--	----

CAPITULO V. POBLACIÓN UNIVERSITARIA DE DISEÑO

5.1 Población de diseño.	57
----------------------------------	----

CAPITULO VI. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROYECTADA

6.1 Ubicación del proyecto.....	60
6.2 Sistema de alcantarillado seleccionado, para derivar las aguas residuales hacia la planta de tratamiento proyectada.	61
6.3 Obtención de datos.	62
6.4 Determinación de los caudales de diseño.	64
6.5 Diseño de la planta (la alternativa N° I).	66
6.5.1 Diseño del sistema de pretratamiento.	66
6.5.2 Diseño del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA).	72
6.5.3 Diseño de las lagunas facultativas.	79
6.6 Diseño de la planta (la alternativa N° II).....	83
6.6.1 Diseño del estanque con aireación extendida.....	83
6.6.2 Diseño del tanque de ecualización.....	87
6.6.3 Diseño del sedimentador secundario.....	88
6.6.4 Diseño de la cámara de contacto con cloro.....	89
6.6.5 Diseño del lecho de secado.....	89

CAPITULO VII. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATRAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) DE LA UNMSM

7.1 Costos de construcción de la PTAR.	90
7.2 Costos de operación y mantenimiento de las dos alternativas.....	97

CAPITULO VIII. DETERMINACIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO

8.1 Inversión inicial.	98
8.2 Egresos anuales.	98
8.3 Ingresos anuales.	99
8.4 Costo de depreciación.....	100
8.5 Flujo económico.	100
8.6 Valor presente neto.	101

CAPITULO IX. CONCLUSIONES

CAPITULO X. RECOMENDACIONES

CAPITULO XI. BIBLIOGRAFÍA

CAPITULO XII. ANEXO

RESUMEN

Hoy en día es usual hablar de la crisis del agua, hecho que se ha convertido ya en una preocupación mundial. Las reservas aprovechables del vital líquido son cada vez menores y poco se ha hecho para corregir este grave problema. No se ha logrado hacer conciencia dentro de la sociedad para hacerle frente a esta amenaza, una amenaza que debe ser combatida por todos. Esta situación deberá corregirse pensando siempre en el bienestar colectivo.

El presente Informe de Suficiencia, tiene como objetivo principal, diseñar una planta de tratamiento de agua residual (PTAR), para la UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (UNMSM), con el fin de reducir sus descargas contaminantes al mar, y a la vez, con el agua tratada regar sus áreas verdes. Además de proporcionar al estudiante y / o profesional interesado en el tema, el conocimiento, pasos y / o metodología para el diseño; Por lo cual se proporciona la información suficiente, para poder llevar a cabo el proyecto.

Se podrá encontrar y entender convenientemente en este informe, cuales son los estudios básicos necesarios a realizar, para comenzar a diseñar una PTAR. Se establece también los parámetros básicos de diseño; Además conocer las diferentes alternativas de PTAR que se pueden plantear o proponer inicialmente, que luego serán discutidas, evaluadas, y finalmente seleccionar la más adecuada.

También contiene, cálculos de dimensionamiento, costos de construcción y operación de la PTAR. Se menciona además el estudio de factibilidad económica del proyecto. Y por último se brinda los requerimientos previos al arranque, operación y mantenimiento del PTAR.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Debido al alto crecimiento de la población, ligado directamente al crecimiento de las áreas urbanas y rurales, la disposición del agua residual doméstica e industrial se ha convertido en los últimos años en un problema serio, que ha repercutido directamente en el medio ambiente, ocasionando problemas graves de contaminación, especialmente en países como el nuestro en vías de desarrollo.

El agua residual es normalmente vertida a cuerpos de agua, sin recibir un adecuado tratamiento. En la actualidad dichos cuerpos de agua, principalmente ríos han reducido notablemente su capacidad de dilución debido a muchos factores, relacionados principalmente con la carencia del recurso hídrico "agua".

A fines del siglo XIX, surgió la necesidad de un tratamiento sistemático del agua residual debido a la concentración de la población en las áreas urbanas lo cual causa problemas en la salud pública, debido a la contaminación del agua de abastecimiento, produciendo enfermedades, malos olores y otros inconvenientes. En la región de América Latina y el Caribe, el 49 % de la población tiene servicio de alcantarillado, colectándose diariamente 40 millones de metros cúbicos de agua residual que se vierten a ríos, lagos y mares. Si hasta el año 2010 se lograra ampliar el acceso a este servicio básico al 90 % de la población, se estarían arrojando más de 100 millones de metros cúbicos de agua residual que agravarían aún más el cuadro de contaminación.

Del volumen colectado por los sistemas de alcantarillado, menos del 10 % recibe tratamiento previo antes de ser descargado a un cuerpo de agua superficial o a su uso para el riego directo de productos agrícolas (Moscoso y León, 1996).

Según Peña y Valencia (1998) se debe promover el tratamiento del agua residual, para disminuir los niveles de contaminación en las fuentes receptoras y por ende los riesgos potenciales para la salud pública y el ambiente acuático.

Los sistemas de tratamiento de agua residual doméstica tienen como objetivo principal el reducir algunas características indeseables, de manera tal que el uso o disposición final de estas aguas, cumpla con las normas y requisitos mínimos definidos por las autoridades sanitarias de un determinado país o región. Según Souza (1997), la selección de tecnologías para la recolección y tratamiento del agua residual deberá considerar, cada vez en mayor medida, alternativas que incluyan el reuso del agua.

Antes de la década del sesenta, los procesos de tratamiento del agua residual resultaron ser sistemas complejos, en general de difícil implementación, operación y mantenimiento elevados, imposibilitando muchas veces su adopción en los países en vías de desarrollo, donde se agravaban las condiciones ambientales y sanitarias de muchas ciudades.

En los últimos años el desarrollo de sistemas de tratamiento aerobio, anaerobio y de estabilización del agua residual doméstica, resultó en un mejoramiento notable su desempeño, siendo además estos sistemas cada vez más aceptados.

En virtud de los elevados costos de operación y funcionamiento intrínsecos de los tratamientos convencionales, la implementación de sistemas de tratamiento de agua residual es un problema significativo en los países en vías de desarrollo. A partir de ello surge la necesidad de la adaptación de tecnologías de tratamientos modernos capaces de remover los principales contaminantes del agua residual, con bajos costos de construcción, económicamente factibles y auto sostenibles, evitando los riesgos sanitarios de utilizar el agua residual cruda indiscriminadamente, por ejemplo en riego directo de cultivos. Los sistemas de tratamiento aerobios, anaerobios y facultativos se constituyen en una alternativa atractiva, siendo su eficiencia con respecto a la remoción de contaminantes elevada; por esto resulta conveniente adoptar estas tecnologías para el beneficio de países en desarrollo como el nuestro.

CAPITULO II

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL

El agua residual es el agua procedente de usos domésticos, comerciales, agropecuarios y de procesos industriales, o una combinación de ellas, sin tratamiento posterior a su uso. A continuación se detallan las características del agua residual.

2.1 Características físico-químicas y biológicas del agua residual

2.1.1 Característica física

La característica física más importante del agua residual es el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad.

a. Sólidos Totales

Analíticamente, se define como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación de entre 103° y 105°C. No se define como sólido aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que se sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono de Imhoff) en el transcurso de un periodo de 60 minutos. Los sólidos sedimentables se expresan en mg/l y constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual.

Los sólidos totales pueden clasificarse en filtrables o no filtrables (sólidos en suspensión) haciendo pasar un volumen conocido de líquido por un filtro.

b. Olores

Normalmente, los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor algo desagradable, que resulta más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica se debe a la presencia del sulfuro de hidrógeno (Huevo podrido) que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de Microorganismos anaerobios. La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

c. Temperatura

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, este hecho se debe principalmente a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales. La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática, como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la capacidad del agua para ciertos usos útiles.

d. Color

El agua residual suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Cuando llega a este punto, suele clasificarse el agua residual como séptica.

e. Turbiedad

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz del agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. Su medición se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones. Suspensiones de formacina se emplean como patrones primarios de referencia. Los resultados de las mediciones de turbiedad se dan en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

2.1.2 Características Químicas

Las características químicas de las aguas residuales son principalmente el contenido de materia orgánica e inorgánica, y los gases presentes en el agua residual. La medición del contenido de la materia orgánica se realiza por separado por su importancia en la gestión de la calidad del agua y en el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas.

a. Materia Orgánica

Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40 % de los sólidos filtrables de una agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Son sólidos de origen animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos.

También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%) y grasas y aceites (10%).

b. Medida del Contenido Orgánico

Los diferentes métodos para medir el contenido orgánico pueden clasificarse en:

1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
2. Demanda química de oxígeno (DQO)
3. Carbono orgánico total (COT)

Demanda Bioquímica de Oxígeno: El parámetro de contaminación orgánica más empleado, que es aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO a 5 días. La determinación de este, está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para:

1. Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
2. Dimensionar las instalaciones de tratamiento del agua residual.
3. Medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

c. Materia Inorgánica

Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por el agua residual, tratada o sin tratar, que a ella se descargan. Las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua, como por ejemplo los cloruros, la alcalinidad, el nitrógeno, el azufre, algunos otros compuestos tóxicos inorgánicos y algunos metales pesados como el níquel, el manganeso, el plomo, el cromo, el cadmio, el cinc, el cobre, el hierro y el mercurio. Dentro de la materia inorgánica es de suma importancia también hablar de la concentración de ion hidrógeno (pH), ya que es un parámetro de calidad, de gran importancia tanto para el caso de agua natural como residual. El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuado presenta dificultades en el tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en el agua natural si ésta no se modifica antes de la evacuación del agua.

d. Gases

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en el agua residual son el nitrógeno (N_2), el oxígeno (O_2), el dióxido de carbono (CO_2), el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el amoníaco (NH_3) y el metano (CH_4). Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual. El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. Debido a que la velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumenta con la temperatura, los niveles de oxígeno disuelto tienden a ser más críticos en épocas estivales. El problema se agrava en los meses de verano, debido a que los cursos de agua generalmente son menores por lo tanto el oxígeno también es menor.

2.1.3 Características Biológicas

Para el tratamiento biológico se deben de tomar en cuenta las siguientes características del agua residual: principales grupos de microorganismos presentes, tanto en el agua superficial como en residual, así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos; organismos patógenos presentes en el agua residual; organismos utilizados como indicadores de contaminación y su importancia; métodos empleados para determinar los organismos indicadores, y métodos empleados para determinar la toxicidad del agua tratada.

a. Microorganismos

Las bacterias desempeñan un papel amplio y de gran importancia en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento. Por ello resulta imprescindible conocer sus características, funciones, metabolismos y proceso de síntesis.

Los principales grupos de organismos presentes tanto en el agua residual como superficial se clasifican en organismos Eucariota, bacterias y Archeobacterias, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Clasificación de los Microorganismos

Grupo	Estructura celular	Caracterización	Miembros representativos
Eucariota	Eucariota	Multicelular con gran diferenciación, de las células y tejido unicelular, con escasa o nula diferenciación de tejidos	Plantas (plantas de semilla, musgos y helechos). Animales (vertebrados y invertebrados) Protistas (algas, hongos y protozoos).
Bacterias	Procariota (b)	Química celular parecida a las eucariota	La mayoría de las bacterias
Arqueobacterias	Procariota (b)	Química celular distintiva	Metanogenesis, halófilos, termacidófilos

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1996)

b. Organismos Patógenos

Los organismos patógenos que se encuentran en el agua residual pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que son portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en el agua residual son: Bacterias, virus y protozoarios. Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la disentería, diarreas y cólera.

c. Organismos Indicadores

Los organismos patógenos se presentan en el agua residual contaminada en cantidades muy pequeñas y, además, resultan difíciles de aislar y de identificar. Por ello se emplea el organismo coliforme como organismo indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar. El sistema intestinal humano contiene innumerables bacterias conocidas como organismos coliformes, cada humano evacua de 100,000 a 400,000 millones organismos coliformes cada día. Por ello, se puede considerar que la presencia de coliformes puede ser un indicador de la posible presencia de organismos patógenos, y que la ausencia de aquellos es un indicador de que el agua está libre de organismos que puedan causar enfermedades.

2.2 Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual

El agua residual vertida sobre cualquier fuente de agua natural originará en ella cierto grado de contaminación, por ello debemos controlar los efectos indeseables a fin que el cuerpo receptor no altere sus propiedades, y sus características se vuelvan inaceptables para el uso en el que fue propuesto. En la tabla 2.2 se muestra en forma muy breve y generalizada la importancia e impacto hacia el medio ambiente de los diferentes contaminantes.

Razones de su importancia:

1. Sólidos suspendidos: Desarrollan depósitos de lodos y condiciones anaerobias cuando se descarga agua residual cruda a algún medio acuático.
2. Materia orgánica biodegradable: Puede producir el agotamiento del OD del cuerpo receptor el cual es desfavorable para la flora y fauna presente en dicho cuerpo, se mide en términos de DBO y DQO, y está compuesta de proteínas carbohidratos y grasas.
3. Patógenos: Producen enfermedades.
4. Nutrientes: El C, N, P son nutrientes que pueden ocasionar vida acuática indeseable y descargados sobre el suelo, pueden contaminar el agua subterránea.
5. Materia orgánica refractaria: Resistente al tratamiento convencional.
6. Metales pesados: Proviene del agua residual doméstica e industrial, deben ser removidos si se desea reutilizar el agua.
7. Sólidos inorgánicos disueltos: El calcio, sodio y sulfatos son agregados al suministro doméstico original como resultado del uso y deben ser removidos para la reutilización del agua.

Tabla 2.2 Contaminantes de importancia en el agua residual

Contaminante	Fuente	Efectos causados por la descarga del agua
Sustancias que consumen oxígeno(MO*biodegradabl).	ARD* y ARI* (proteínas, carbohidratos, grasas, aceites).	Agotamiento del oxígeno, condiciones sépticas.
Sólidos suspendidos	ARD y ARI; erosión del suelo.	Depósito de lodo; desarrollo de condiciones anaeróbicas.
<ul style="list-style-type: none"> • Nitrógeno(nutriente) • Fósforo (nutriente) 	ARD, ARI y ARA* ARD y ARI; descarga natural.	Crecimiento indeseable de algas y plantas acuáticas.
Microorganismos patógenos	ARD	Comunicación de enfermedades.
Materia tóxica <ul style="list-style-type: none"> • Metales pesados • Compuestos orgánicos tóxicos 	ARI ARA y ARI	Deterioro del ecosistema; envenenamiento de los alimentos en caso de acumulación.
MO refractario (Difícil de degradar biológicamente)	ARI (fenoles, surfactantes), ARD (surfactantes) y ARA (pesticidas, nutrientes); Materia resultante del decaimiento de la MO.	Resisten el tratamiento convencional, pero pueden afectar el ecosistema.
Sólidos inorgánicos disueltos <ul style="list-style-type: none"> • Cloruros • Sulfuros • pH 	Abastecimiento de agua, uso de agua Abastecimiento agua, uso agua, infiltración ARD y ARI ARI	Incremento del contenido de sal.
Olores: H ₂ S	Descomposición de ARD	Molestia pública

*MO; Materia orgánica *ARD: Aguas residuales domésticas *ARI: Aguas residuales industriales; *ARA:

Aguas residuales agrícolas.Fuente: Alaerts (1995)

Tabla 2.3 Composición típica del ARD

Constituyente	Concentración			
	Unidades	Fuerte	Media	Débil
Sólidos Totales	mg/l	1200	720	350
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Sólidos Suspendidos	mg/l	350	220	105
Fijos	mg/l	75	55	20
Volátiles	mg/l	275	165	80
Sólidos Sedimentables	ml/l	20	10	5
Demanda Bioquímica de	mg/l	400	220	110
Carbono Orgánico Total	mg/l	290	160	80
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	85	40	20
Orgánico	mg/l	35	15	8
Amoníaco libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	15	8	4
Orgánico	mg/l	5	3	1
Inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	200	100	50
Grasa	mg/l	150	100	50
Sulfato	mg/l	34	22	12
Coliformes totales	Nº/100 ml	10 ⁷ - 10 ⁹	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁶ - 10 ⁷
Compuestos orgánicos volátiles	µg/l	>400	100 – 400	<100

(1) Estos valores dependen de la cantidad presente de agua en el suministro

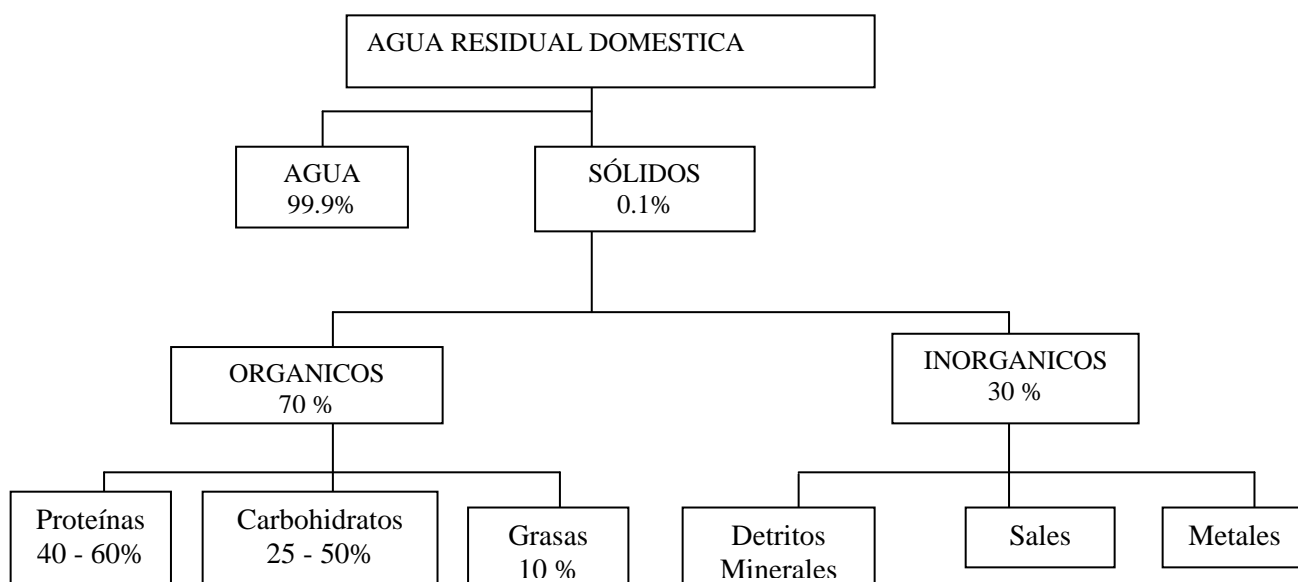


Figura 2.1. Composición media de las ARD (Metcalf & Eddy 1985)

CAPITULO III

TECNOLOGÍA, OPERACIONES Y PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL

La prevención de la polución del agua y del suelo, sólo es posible si la definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición del agua residual. Sin embargo, ningún programa de control tendrá éxito si no se cuenta con los recursos financieros para la implementación, operación y mantenimiento permanente.

El agua residual recogida en comunidades, instituciones y municipios debe ser conducida, en ultima instancia, a cuerpos de agua receptores o deberán ser tratadas, con fines de riego. En tal sentido las cargas contaminantes y nutrientes presentes en el agua residual, deben ser removidas para la protección del entorno (humano y ambiente). La carga de contaminantes y nutrientes, constituyen el principal objetivo, por lo cual su regulación es muy importante. Estas regulaciones se norman mediante leyes y decretos, para establecer la calidad apropiada del agua, de acuerdo a sus distintos usos.

3.1 Tecnologías de tratamiento

El cambio más importante que ha ocurrido en los últimos 25 años en la implementación y manejos de sistemas de tratamiento del agua residual, es el desarrollo de nuevas tecnologías y el retorno al uso de tecnologías convencionales, pero empleando equipos modernos.

Un buen numero de nuevas tecnologías han sido introducidas para los pequeños sistemas de tratamiento, y han hecho posible producir efluentes de la misma calidad o incluso mejor que los producidos por grandes plantas de tratamiento.

Ejemplos importantes incluyen el uso de tamices de disco rotatorio, procesos de lodos activados, sistemas acuáticos de tratamiento, humedales artificiales y reactores anaerobios.

3.2 Operaciones y Procesos de Tratamiento

La complejidad y efectividad de los sistemas de tratamiento del agua residual obedecen a la adecuada aplicación de las operaciones y procesos unitarios, tal que permite cumplir los propósitos por el que el sistema es empleado.

Actualmente, dichas operaciones y procesos unitarios, están siendo sometidos a una intensa y continua investigación, tanto desde el punto de vista de ejecución, como de aplicación de los mismos. Como consecuencia de ello se ha desarrollado nuevas operaciones y procesos de tratamiento, y se han llevado a cabo muchas modificaciones en los procesos y operaciones existentes, con el objetivo de conseguir su adecuación a los crecimientos, y rigurosos requerimientos que se establecen, con el propósito de mejorar la calidad del agua residual.

Las operaciones y procesos utilizables para el tratamiento del agua dependen del tipo de efluente y las características exigidas. Estas pueden clasificarse en:

- Operaciones Unitarias Físicas
- Procesos Unitarios Químicos
- Procesos Unitarios Biológicos

3.2.1 Operaciones Unitarias Físicas

Se refiere a los procesos donde predomina la acción de las fuerzas físicas, que permiten separar las partículas sedimentables y no sedimentables del agua residual. Entre ellas tenemos:

Rejas o Cribas de barras

Tienen como objetivo la remoción de los materiales gruesos o en suspensión. Están formadas por barras separadas uniformemente con espaciamientos libres que varían entre 1 y 5 cm., Comúnmente 2.5 cm. y colocadas en ángulo de 30° y 60° respecto a la horizontal para facilitar su limpieza manual. Los materiales retenidos en estas unidades pueden ser retirados mecánicamente o manualmente y se eliminan enterrándolos en micro-rellenos sanitarios, ubicados dentro del predio de la planta de tratamiento y en lo posible en las cercanías de la unidad de rejas.

Desarenador

El agua residual contienen por lo general sólidos inorgánicos como arena, cenizas y grava, a los que se denomina generalmente como arenas o partículas discretas. La cantidad es variable y depende de muchos factores, pero principalmente alcantarillado del tipo separativo (sólo recolección del agua residual doméstica) o combinado (en conjunto con el drenaje pluvial).

Las arenas pueden dañar a los equipos mecánicos por abrasión y causar serias dificultades de operación en los tanques de sedimentación y en la digestión de los lodos, por acumularse alrededor de las tuberías de entrada o salida, causando obstrucciones, o formando depósitos dentro de las unidades disminuyendo así su capacidad de tratamiento.

Para poblaciones pequeñas generalmente se diseñan en forma de canales, en los que se controla la velocidad de flujo para propiciar la sedimentación de material inorgánico, manteniendo en suspensión los sólidos orgánicos. De acuerdo con la reglamentación nacional se dimensionan por lo menos dos desarenadores en paralelo, para retirar una-de las unidades en el momento de limpieza de las arenas removidas. Las arenas retiradas deben enterrarse conjuntamente con los residuos retirados de las rejillas.

Coagulación-Floculación

Los equipos en los que se lleva a cabo este proceso, suelen constar de dos partes bien diferenciadas: Una primera donde se adicionan los reactivos, y se somete el agua a una fuerte agitación y durante un corto periodo de tiempo, con el objetivo de Conseguir una buena y rápida mezcla de reactivos y coloide para llevar a cabo la coagulación. A continuación se pasa a una zona donde la agitación es mucho menos intensa y donde el agua permanece más tiempo.

En este caso el objetivo es que se produzca la floculación. De esta forma la materia en suspensión tiene unas características mucho más adecuadas para su eliminación mecánica, según las operaciones ya mencionadas anteriormente las cantidades a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el costo es mucho mayor.

3.2.2 Procesos Unitarios Químico

Son métodos de tratamiento en las cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos. El proceso de cloración es el mas importante, ya que se aplica con mayor frecuencia en los sistemas de tratamiento de aguas.

Desinfección

Cuando se descarga el agua residual tratada en cuerpos de agua que van a utilizarse, o que pueden ser utilizados como fuentes de abastecimiento público, o para propósitos recreativos, se requiere un tratamiento suplementario para destruir los organismos patógenos, a fin de que sean mínimos los peligros para la salud debido a la contaminación de dichas aguas, tal tratamiento se conoce como desinfección. Si se utiliza una tecnología distinta a la laguna de estabilización debe evaluarse la necesidad de utilizar este proceso en función al impacto en los usos del cuerpo receptor de los efluentes o la reutilización del agua residual.

Existen varios métodos de desinfección:

- Físicos, tales como: filtración, ebullición, rayos ultravioleta.
- Químicos, aplicación de: cloro, bromo, yodo, ozono, membranas de UF, etc.

3.2.3 Procesos unitarios Biológicos

En este tipo de tratamiento se aprovecha la acción de microorganismos presentes en el agua residual, los cuales en su proceso de alimentación, degradan la materia orgánica, convirtiéndola en material celular, productos inorgánicos o material inerte.

La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aerobios (en presencia de oxígeno) y los anaerobios (en ausencia de oxígeno).

En los procesos aerobios, los microorganismos presentes utilizan el oxígeno para metabolizar los compuestos orgánicos complejos hasta llegar a compuestos más simples. Estos procesos generalmente son más rápidos pero requieren de condiciones favorables que permitan el desarrollo de microorganismos y la alimentación continua de oxígeno.

Los procesos anaerobios se producen en ausencia de oxígeno molecular. En estos se desarrollan bacterias formadoras de ácidos, las cuales hidrolizan y fermentan compuestos orgánicos complejos a ácidos simples, en el método conocido como proceso de fermentación ácida; éstos compuestos ácidos son transformados por un segundo grupo de bacterias en gas metano y anhídrido carbónico.

En el tratamiento del agua residual municipal, por lo general, se utilizan los procesos aerobios. Existe un gran número de variantes en estos procesos y dependen del contenido de organismos con relación a la materia orgánica presente, de si los microorganismos se encuentran suspendidos o fijos, de la forma y cantidad de oxígeno suministrado, etc.

Dependiendo de la forma en que estén soportados los microorganismos, existen dos grandes tipos de procesos.

3.2.3.1 Procesos Con microorganismos fijos

- Filtro anaerobio
- Filtros percoladores (rociadores)
- Biodiscos

a. Filtro anaerobio

Esencialmente consiste en un reactor de flujo ascendente empacado con soportes plásticos o con piedras de 3 a 5 cm de diámetro promedio. El coeficiente de vacíos debe ser grande para evitar el taponamiento, lo que en algunos casos se traduce en un área específica inferior a $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Debido a la distribución desordenada del soporte, las purgas de lodo no son efectivas, lo que provoca una acumulación lenta pero constante de biomasa que con el tiempo puede crear problemas de taponamiento. Este reactor puede admitir cargas hasta de $20 \text{ Kg.DQO}/\text{m}^3.\text{día}$.

b. Filtros percoladores (o biofiltros)

El mecanismo principal de remoción de la materia orgánica de este sistema no es la filtración sino la adsorción y asimilación biológica en el medio de soporte. Generalmente, no requieren recirculación, a diferencia del sistema de lodos activados (donde esta recirculación es determinante para mantener los microorganismos en el contenido del tanque de aeración “licor mezclado”).

Una vez que el filtro se encuentre operando, la superficie del medio comienza a cubrirse con una sustancia viscosa y gelatinosa conteniendo bacterias y otro tipo de microorganismos. El efluente de la sedimentación primaria es distribuido uniformemente en el medio de soporte del filtro a través de un sistema distribuidor de flujo. El oxígeno necesario, para que se lleve a cabo el metabolismo biológico aerobio, es suministrado por la circulación del aire a través de los intersticios entre el medio filtrante y, parcialmente, por el oxígeno disuelto presente en el agua residual. Al cabo de un tiempo, comienza el crecimiento microbiano en la interfase anaerobia del medio filtrante, generando el crecimiento de organismos anaerobios y facultativos que junto con los organismos aerobios forman el mecanismo básico para la remoción de la materia orgánica.

El efluente del filtro percolador deberá pasar a través de un clarificador secundario para colectar la biomasa desprendida. La sedimentación primaria es necesaria antes de los filtros para minimizar los problemas de obstrucción.

c. Biodiscos (filtros rotativos)

Originalmente, este sistema consistía en un tanque por donde fluye el agua residual, previamente decantadas, y en cuyo interior existía una serie de discos de madera, con diámetros entre 1 a 3.5 m, montados sobre una flecha horizontal que permitía el giro de los discos; durante el movimiento, cerca del 40% del área superficial de los discos se encontraba sumergida en el agua residual contenida en el tanque. Actualmente se utilizan placas de plástico corrugado y otros materiales en vez de los de madera. Cuando el proceso inicia su operación, los microorganismos del agua residual afluyente se adhieren a la superficie del material plástico y se desarrollan hasta que toda esta área queda cubierta con una capa o película microbiana.

Al girar los discos, la película biológica adherida a estos entra en contacto alternadamente con el agua residual que está en el tanque y con el oxígeno atmosférico. Al emerger la porción sumergida, los discos arrastran una capa líquida sobre la superficie de la película biológica, lo cual permite la oxigenación del agua y los microorganismos. Debido a la sucesión de inmersiones, la capa líquida se renueva constantemente. La oxigenación se lleva a cabo por difusión a través de la película líquida que queda adherida a la biomasa. Los microorganismos utilizan el oxígeno molecular disuelto para efectuar la degradación aerobia de la materia orgánica que se utiliza como fuente de nutrientes. El exceso de microorganismos se desprende de los discos debido a las fuerzas cortantes originadas por la rotación de los discos al pasar por el agua.

Los microorganismos desprendidos se mantienen en suspensión en el líquido, salen del tanque con el efluente y se requiere de un sedimentador secundario para retirar estos nuevos sólidos en suspensión.

En forma general, el sistema está constituido por un sedimentador primario, biodiscos y un sedimentador secundario.

3.2.3.2 Procesos Con microorganismos en suspensión

- Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) o UASB.
- Lagunas de estabilización.
- Sistemas que requieren de aireación

Dentro de estos procesos, Para aguas residuales municipales, han sido más utilizados los procesos de microorganismos en suspensión.

a. Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA) o UASB

Corresponde a Lettinga el desarrollo de este reactor que por su simplicidad se ha difundido en varios países. Su gran ventaja consiste en que no requiere ningún tipo de soporte para retener la biomasa, lo que implica un ahorro importante. Su principio de funcionamiento se basa en la buena sedimentabilidad de la biomasa producida dentro del reactor, la cual se aglomera en forma de granos o flóculos. Estos granos o flóculos cuentan además con una actividad metanogénica muy elevada, lo que explica los buenos resultados del proceso.

El reactor es de flujo ascendente y en la parte superior cuenta con un sistema de separación gas-líquido-sólido, el cual evita la salida de los sólidos suspendidos en el efluente y favorece la evacuación del gas y la decantación de los flóculos que eventualmente llegan a la parte superior del reactor. Un punto importante en su diseño es la distribución de las entradas del agua residual, ya que una mala repartición puede provocar que ciertas zonas del manto de lodos no sean alimentadas, desperdiciando así su actividad. Esto es particularmente cierto en las aguas residuales municipales, pues la limitada materia orgánica presente forma sólo pequeñas cantidades de biogás y por tanto la agitación del lecho, provocada por las burbujas, se ve reducida.

El punto débil del proceso consiste en la lentitud del arranque del reactor (generalmente de 6 meses); por otro lado, en desagües diluidos como son las aguas residuales domésticas, las variables críticas de diseño son las hidráulicas (velocidad ascensional, velocidad de paso a través del separador de fases, dispositivos de entrada y salida) y no así la carga orgánica.

b. Lagunas de estabilización

Se conoce con este término a cualquier laguna o estanque o grupos de ellos, proyectados para llevar a cabo un tratamiento biológico. Existen diversos tipos de lagunas, dependiendo de sus características y pueden ser:

- **Lagunas Anaerobias**

Generalmente se usan como una primera etapa de depuración; se puede considerar como un gran digestor ya que se le aplican cantidades de materia orgánica o carga orgánica por unidad de volumen, de manera tal que prevalezcan las condiciones anaerobias, es decir ausencia de oxígeno. La eficiencia esperada en este tipo de lagunas varía con el tiempo de retención hidráulico; con tiempos de 1 a 5 días se obtienen eficiencias de remoción de DBO de 40 a 60%, respectivamente (La reglamentación nacional recomienda usar un valor promedio de 50 %). La temperatura es uno de los factores que más influencia tiene en estas unidades, se puede decir que su eficiencia decrece notablemente con valores inferiores a 15 °C (En general, la Norma S090: Plantas de tratamiento de aguas residuales, no recomienda su uso para temperaturas promedio mensuales menores de 15 °C) Una desventaja de estas lagunas es la producción eventual de malos olores que impide su localización en lugares cercanos (500 m) de zonas habitadas. Generalmente son estanques profundos, de 3 a 4 metros de profundidad.

- **Lagunas Facultativas**

Se diseñan con una profundidad que varía normalmente entre 1.5 m a 2.5 m (aunque pueden utilizarse profundidades mayores) y una cantidad de materia orgánica o carga orgánica por unidad de superficie que permita el crecimiento de organismos aerobios y facultativos (estos últimos pueden reproducirse tanto en presencia como en ausencia de oxígeno) y algas microscópicas que gracias al fenómeno de

la fotosíntesis producen el oxígeno requerido para la estabilización de la materia orgánica presente en el agua residual.

Este es el tipo de lagunas más usado, por su flexibilidad y no producen los posibles olores de las lagunas anaerobias. Como en todos los procesos biológicos, el factor principal que afecta su eficiencia, es la temperatura. Las eficiencias esperadas en estas lagunas van desde 60% hasta 85% en remoción de DBO. La eficiencia en la remoción de bacterias, especialmente del grupo coliforme, puede alcanzar valores de 99,99 %, debido a los tiempos de retención hidráulicos prolongados, valores de periodo de retención hidráulica superiores a 10 días permiten la remoción total de parásitos (huevos de nematodos y quistes de protozoos). Su gran capacidad de remoción de patógenos, sin el uso de desinfección, hace que las lagunas de estabilización sean la alternativa tecnológica a favorecer en nuestro país caracterizado por una alta incidencia de enfermedades diarreicas y parasitosis.

- **Lagunas Aireadas**

En estas lagunas el oxígeno es suministrado por equipos mecánicos de aireación y también por la actividad fotosintética de las algas y por la transferencia de oxígeno de la interfase aire-agua. Este tipo de lagunas es usado para aumentar la capacidad de las lagunas facultativas sobrecargadas o cuando la disponibilidad de terreno es reducida, generalmente se diseñan con profundidades de 2 a 6 metros y tiempos de retención de 3 a 10 días.

Dependiendo de la potencia de los equipos de aireación con relación al volumen de la laguna, estas pueden operar en un régimen de completo mezclado o parcialmente mezcladas; en las primeras la actividad es netamente aerobia y en las segundas en las zonas en donde no hay influencia de los aireadores, se sedimentan los lodos y se producen condiciones anaerobias. Las eficiencias de remoción de DBO son del orden de 80 al 90%.

c. sistemas que requieren de aireación

Existen otros sistemas de tratamiento que al igual que las lagunas airadas requieren de equipamiento para el suministro de oxígeno, estos sistemas son conocidos como lodos activados y existen muchas variantes como aireación extendida y zanjas de oxidación entre otras, existen, además, sistemas patentados.

– Lodos activados

Este proceso fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Arden y Lockett, y su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aeróbica. (Metcalf, 1995).

En este proceso, el agua residual es introducida a un reactor que contiene un cultivo bacteriano aeróbico en suspensión. El ambiente aeróbico se logra mediante la introducción de aire con un soplador y difusores, o por acción de aireadores mecánicos. Después el agua ya tratada que sale del estanque de aireación, junto con el lodo, es sometida a un proceso de separación que se lleva a cabo en un estanque de sedimentación, en el cual el lodo biológico es separado del agua residual tratada.

Una fracción del lodo separado es recirculado al reactor con el fin de mantener constante la concentración deseada de la biomasa en el reactor.

En los procesos de lodos activos las bacterias son los principales microorganismos, ya que son los causantes de la degradación de la materia orgánica que trae el agua residual. En el reactor aireado las bacterias aeróbicas y facultativas utilizan la materia orgánica para obtener fuente de energía necesaria para la síntesis de materia orgánica como masa biológica. Una pequeña fracción del residuo original se oxida en compuesto de bajo contenido energético tales como el NO_3^- , el SO_4^{2-} , o el CO_2 .

Los sólidos suspendidos pueden formar núcleos sobre los cuales se desarrollen los microorganismos, con lo que se incrementan en forma graduada la cantidad de sólidos, formando lo que se conoce como lodo activo. Los flóculos absorben la materia orgánica coloidal y disuelta (disminuyendo la concentración de sólidos suspendidos).

Este sistema consiste en la formación de flóculos microbianos aeróbicos dispersos en el estanque de oxidación (reactor), los cuales requieren de agitación y aireación (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, 1993)

3.2.3.3 Proceso aerobio versus proceso anaerobio

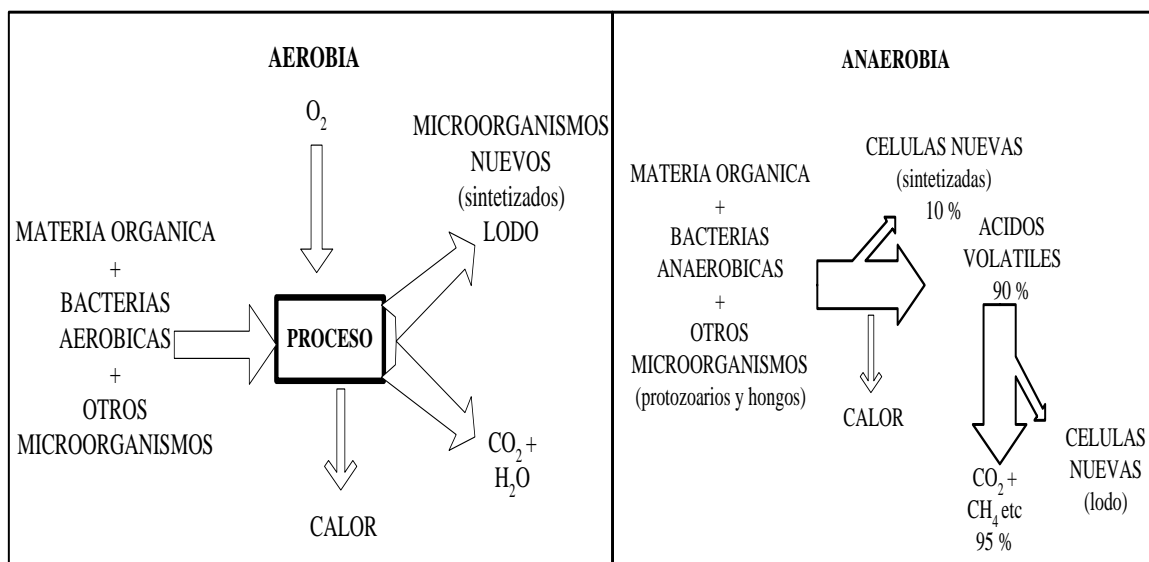


Figura 3.1. Representación esquemática de los procesos de descomposición aerobios y anaerobios.

Tala 3.1 Tratamiento aerobio versus tratamiento anaerobio

Aerobio	Anaerobio
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ $\Delta G^\circ = -2840 \text{ Kj/mol gluc}$ <ul style="list-style-type: none"> • Mayor eficiencia de remoción. • Operatividad comprobada. • 50% de C es convertido en CO₂, 40-50% es incorporado dentro de la masa microbiana. • 60% de la energía es almacenada en la nueva biomasa, 40% es perdido como calor. • Ingreso de elevada energía para aireación. • Limitación de cargas orgánicas. • Se requiere adición de nutrientes. • Requerimiento de grandes áreas. • Sensible a economía de escala. • Periodos de arranque cortos. • Tecnología establecida. 	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 3 \text{CH}_4$ $\Delta G^\circ = -393 \text{ Kj/mol gluc}$ <ul style="list-style-type: none"> • Menor producción de lodos. • Menores costos de operación. • 95% de C es convertido en biogás; 5% es transformado en biomasa microbiana. • 90% de la energía es retenida como CH₄, 3-5% es perdido como calor, 5-7% es almacenada en la biomasa. • No requiere de energía. • Acepta altas cargas orgánicas. • Degrada compuestos policlorados. • Requerimiento bajo de nutrientes. • Se requiere pequeña área superficial. • Largos periodos de arranque. • Recientemente establecida, todavía bajo desarrollo para aplicaciones específicas.

Fuente: Adaptado de Arce (1997).

CAPITULO IV

MARCO LEGAL DEL PROYECTO

4.1 Lineamiento y dispositivos ambientales

a. Constitución política del Perú

La norma legal de mayor jerarquía del Perú es la constitución política (1993), que resalta entre los derechos esenciales de la persona humana, el derecho de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida. Igualmente, en el título III del régimen económico, capítulo II del ambiente y los recursos naturales renovables y no renovables, son patrimonio de la nación, y mediante ley orgánica se fija las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. Así mismo, promueve el uso sostenible de los recursos naturales. También menciona que el estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

b. Ley General del ambiente

La ley general del ambiente, ley N° 28611, fue aprobada el 13 de octubre del 2005, por el congreso de la república. La norma establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuada para el pleno desarrollo de la vida. Asegura así mismo el cumplimiento del deber a contribuir a un efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, lo mismo que sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

En el marco de la política nacional del ambiente y gestión ambiental, se establece que el consejo nacional del ambiente (CONAM) es la autoridad y ente rector del sistema nacional de gestión ambiental. Se precisa también el marco jurídico del acceso a la información ambiental y participación ciudadana y los lineamientos para las políticas sobre diversidad biológica, entre otros.

Igualmente, respecto a la protección de los conocimientos tradicionales, la promisión de biotecnología, garantizan la calidad ambiental en sus diversos aspectos (aguas, ruidos y vibraciones, emisiones, aire, residuos sólidos, etc).

Un tema importante, se refiere al régimen de responsabilidad por el daño ambiental, las sanciones y medidas correctivas, medidas cautelares, registro de buena practica e infracciones ambientales, y los medios para la resolución y gestión de conflictos ambientales.

c. Ley General de aguas y sus reglamentos

La ley N° 17752, publicada el 24 de julio de 1969 es un instrumento normativo que regula el manejo de las aguas del país, asignando responsabilidades al ministerio de agricultura como autoridad de aguas y al ministerio de salud como autoridad sanitaria. Los reglamentos correspondientes a la ley son:

1. Decreto supremo N° 261-69-AP- reglamento de los títulos I, II y III del decreto ley N° 17752.
2. Decreto Supremo N° 274-69- AP/DGA- Reglamento del titulo IV “ De las Aguas Subterráneas “, D. L. N° 17752.

3. Decreto supremo N° 41-70-A- Complementación del reglamento del titulo III del D.L.N° 17752.

d. Ley general de servicios de saneamiento

La ley N° 26338, publicada el 24 de julio de 1994, es un instrumento normativo que regula la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y disposición sanitaria de excretas, tanto en el ámbito urbano como rural.

e. Autoridad de aguas

Responsable de la conservación del agua en el país y derechos de uso- Administración **Técnicas de Riego del Ministerio de Agricultura y el INRENA.**

f. Autoridad sanitaria

Responsable de la vigilancia y control de los problemas referidos a la salud ambiental y la prevención de daños a la salud frente a riesgos derivados de los agentes ambientales-Rol de supervigilancia- DIGESA y el Ministerio de Salud.

4.2 Legislación aplicable a los diseños de sistemas de tratamiento del agua residual

El marco legal existente en el Perú relacionado con el diseño de los sistemas de tratamiento del agua residual es el siguiente:

Con resolución Ministerial N°290-2005- Vivienda se aprobaron 66 Normas técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones- RNE comprometidos en el índice aprobado mediante decreto supremo N° 015-2004- vivienda. Esta norma fue publicada el 26 de noviembre del 2005.

4.3 Normas peruanas

a. Normas técnica

Del reglamento nacional de edificaciones, en su titulo II- habitaciones urbanas, el iten 11.3 - obras de saneamiento, se consignan las siguientes normas técnicas relativas al proyecto:

- OS: 070 Redes de aguas Residuales
- OS: 080 Estaciones de bombeo de aguas residuales
- OS.090 Plantas de tratamiento de aguas residuales

4.4 De las obligaciones, funciones y derechos

a. Constitución política del Perú (1993)

Artículos del 66-68

Los recursos naturales son patrimonio de la nación, siendo el estado quien fija las condiciones de su utilización, determina la política nacional del ambiente y esta obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

b. Ley general de servicios de saneamiento

Artículo 2

Para los efectos de la presente ley, la prestación de los servicios de saneamiento comprende la prestación regular de servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, y disposición sanitaria de excretas, tanto en el ambiente urbano como el rural.

Artículo 10

Los sistemas que integran los servicios de saneamiento son:

1. Servicio de agua potable
 - sistema de producción
 - Sistema de distribución
2. Servicio de Alcantarillado Sanitario y Pluvial.
 - Sistema de recolección
 - Sistema de tratamiento y disposición de las aguas servidas
3. Servicio de Disposición Sanitaria de Excretas, Sistema de letrinas y Fosas Sépticas.

c. Ley general del ambiente**Artículo 1.- Del derecho y deber fundamental**

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Artículo 67.- Del saneamiento básico

Las autoridades publicas a nivel nacional, sectorial, regional y local, priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan la construcción y administración de infraestructura apropiada; La gestión y manejo adecuado del agua potable, las aguas pluviales, las aguas subterráneas, el sistema de alcantarillado publico, el reuso de aguas

servidas, la disposición de excretas y los residuos sólidos, en las zonas urbanas y rurales promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento, así como el establecimiento de tarifas adecuadas y consistentes con el costo de dichos servicios, su administración y mejoramiento.

Artículo 74.- De la responsabilidad general

Todo titular de operaciones es responsable por las emisiones, efluentes, descargas y demás impactos negativos que se generan sobre el ambiente, la salud y los recursos naturales, como consecuencia de sus actividades. Es la responsabilidad incluye los riesgos y daños ambientales que se generan por acción u omisión.

Artículo 120.- De la Protección de la calidad de las Aguas

120.1 El estado, a través de las entidades señaladas en la ley, esta a cargo de la protección de la calidad del recurso Hídrico del país.

120.2 El estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reuso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizaran.

Artículo 121.- Del vertimiento del agua residual.

El estado emite sobre la base de la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domesticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en las normas legales vigentes.

Artículo 122.- Del tratamiento de residuos líquidos

122.1 Corresponde a las entidades responsables de los servicios de saneamiento, la responsabilidad por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos u las aguas pluviales.

122.2 El sector vivienda, construcción y saneamiento es responsable de la vigilancia y sanción por el incumplimiento de límite máximo permisible en los residuos líquidos domésticos, en coordinación con las autoridades sectoriales que ejercen funciones relacionadas con la descarga de efluentes en el sistema alcantarillado público.

122.3 Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otros que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los límites máximos permisibles (LMP) y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes.

4.5 De las evaluaciones de los efluentes tratados**Complementación del reglamento del título III del decreto ley N°17752.****Artículo 173°**

Las aguas terrestres o marítimas del país, solo podrían recibir residuos sólidos, líquidos o gaseosos previa aprobación de la autoridad sanitaria, siempre que sus características fisicoquímicas y bacteriológicas no superan las condiciones máximas establecida para dichas aguas.

Artículo 180°

Los actuales vertimientos domésticos y de poblaciones, para continuar utilizando las aguas marítimas o terrestres, deberán ajustarse a las calificaciones establecidas para los tramos, de las aguas receptoras o zonas costeras. La autoridad sanitaria establecerá los plazos para que los responsables de dichos vertimientos los adecuen de acuerdo a la prioridad de uso y el volumen de las descargas.

4.6 De los límites máximos permisibles (LMP)**a. Ley general del ambiente****Artículo 32°**

Del límite máximo permisible

32.1. El límite máximo permisible (LMP), es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud; al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiere, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos.

32.2 El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA. La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia.

b. Resolución directoral RD N° 033-92- Digesa

El vertimiento de cualquier naturaleza a los cursos de agua deberá ajustarse a los límites permisibles establecidos de acuerdo a la clasificación de las aguas según su uso.

c. Reglamento de la ley general de aguas.**Artículo 81**

La calidad de los cuerpos de agua en general, respecto a sus usos, se clasifican en:

- I. Aguas de abastecimiento domestico con simple desinfección.
- II. Aguas de abastecimiento domestico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación y coloración, aprobados por el ministerio de salud
- III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).
- V. Aguas de zonas de pesca de mariscos.
- VI. Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

Artículo 82

Las aguas correspondientes a los diferentes usos, se regirán con los siguientes valores:

Tabla 4.1 I. Limites Bacteriológicos

Parámetro	I	II	III	IV	V	VI
Coliformes totales (NMP/100ml)	8.8	20,000	5,000	5,000	1,000	20,000
Coliformes fecales(NMP/100ml)	0	4,000	1,000	1,000	200	4,000

Tabla 4.2 II. Limites de demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Parámetro	I	II	III	IV	V	VI
DBO (mg/l)	5	5	15	10	10	10
OD (mg/l)	3	3	3	3	5	4

Tabla4.3 III Limites de sustancias potencialmente peligrosas

Parámetro (mg./m3)	I	II	III	V	VI
Selenio	10	10	50	5	10
Mercurio	2	2	10	0.1	0.2
PCB	1	1	1+	2	2
EstereS estalatos	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Cadmio	10	10	50	0.2	4
Cromo	50	50	1,000	50	50
Níquel	2	2	1+	2	**
Cobre	1,000	1,000	500	10	*
Plomo	50	50	100	10	30
Zinc	5,000	5,000	25,000	20	**
Cianuro	200	200	1+	5	5
Fenoles	0.5	1	1+	1	100
Sulfuros	1	2	1+	2	2
Arsénico	100	100	200	10	50
Nitratos	10	10	100	NA	NA

Fuente: Ley general de la aguas

4.7 De los usos de los efluentes tratados

a. Reglamento de los títulos I, II, III de la ley general de aguas

Artículo 90

Cuando se solicitan licencias para usos de aguas de filtraciones, desagües o drenajes, para fines agrícolas, estos serán otorgados cuando su calidad, cantidad y la oportunidad de su uso permitan el éxito de una campaña agrícola. Para este efecto deberán acompañarse de un estudio hidrológico correspondiente a los análisis respectivos.

b. Complementación del reglamento del título III de decreto ley N° 17752

Artículo 182°

Será lícita la utilización de aguas servidas para irrigación, solo cuando se cuenten específicamente con la autorización sanitaria respectiva, y en los casos y con las limitaciones que especifica el presente reglamento.

Artículo 184°

Será competencia de la dirección de saneamiento ambiental del ministerio de salud, manejar el registro sanitario de todas las concesiones que se hayan otorgado por diversas entidades y municipios para riego de tierras con aguas servidas, así como los que en el futuro se otorguen.

CAPITULO V

PROCESO DE SELECCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS

5.1 Proceso de selección

Para seleccionar las mejores tecnologías de tratamiento de agua residual, se evaluaron dos sistemas de selección:

5.1.1 Sistema de Criterios técnicos para la selección del tratamiento deL agua Residual

La información presentada a continuación, tiene como objetivo básico el facilitar la comparación relativa entre las alternativas de tratamiento, para la toma de decisiones en la selección del proceso que mejor se ajuste a las necesidades de cada localidad o institución y al mismo tiempo dar una idea del monto de las inversiones requeridas, que involucra cada sistema.

Es importante resaltar que las alternativas de tratamiento que se describirán no presentan las mismas características respecto a otros procesos de tratamiento y no entregan la misma calidad de efluente por lo que su selección final principalmente se condiciona a los requerimientos y exigencias de las leyes ambientales, en función de los usos a los cuales se destinen las aguas residuales tratadas y a los usos de los cuerpos receptores de éstas.

Los criterios de selección más importantes son los siguientes:

- a. La viabilidad económica y técnica de la construcción y operación de la planta.
- b. La calidad de efluente que es posible obtener con cada tecnología (frente a la calidad exigida en la descarga o reutilización del agua).
- c. La confianza que las tecnologías ofrecen a las autoridades, por haber sido probadas o no en un número suficiente de instalaciones en el mundo.
- d. El requerimiento de área debe ser bajo, en especial cuando no está disponible y/o el precio es alto.
- e. El sistema debe ser simple en su operación, mantenimiento y control ya que una buena operación no debe depender de la presencia de operadores e ingenieros experimentados.
- f. Influencia en el medio ambiente. Este criterio esta sujeto a la zona que rodea la planta y la cercanía de esta al núcleo poblacional.

A continuación se comentan los principales procesos de tratamiento empleados en México, en función de los seis criterios mencionados.

- **Proceso de lodos activados**

Es el proceso estándar en los países industrializados. Es un proceso aerobio mecanizado, construido en plantas de concreto. Tiene en general Elevados costos de inversión y operación, y en general produce efluentes de mayor calidad que otros procesos simples, como el anaerobio o las lagunas. Para el proceso de lodos activados de flujo continuo, los costos de inversión en México, estimados a partir de plantas reales, son de 18, 000 – 36,000 US\$/ (L/s), en función del gasto de diseño de la planta, mientras los costos de operación son de 0,07 - 0,22 US\$/m³. En plantas muy grandes con digestión aerobia de lodos y cogeneración con biogás, los costos de operación pueden ser menores.

La calidad del efluente del proceso de lodos activados es elevada, aunque puede requerir algo más que desinfección (coagulación, sedimentación o filtración terciarias) para uso público urbano.

El proceso discontinuo de lodos activados (reactores biológicos secuenciales, RBS) produce un efluente en general de mejor calidad y permite una gran flexibilidad de operación, además de requerir menos espacio en planta para su construcción. Al ser un proceso relativamente compacto, el proceso de lodos activados se ha empleado frecuentemente en México para el tratamiento de medianos y grandes caudales en zonas urbanas con terreno escaso y/o caro, especialmente en aplicaciones de reutilización del agua en uso público urbano, ya que proporciona una calidad adecuada.

Por otro lado al ser un proceso largamente probado en muchos países y venir respaldado por fuertes compañías del sector, ha sido en muchos casos la tecnología seleccionada.

En diciembre de 2004, en México, 22 % de las 1300 PTAR municipales en operación eran procesos de lodos activados que, sin embargo, sumaban 43 % del caudal instalado en las plantas en operación, con un caudal instalado promedio de 136 L/s por planta. El proceso de lodos activados, se perfila entonces como un proceso apto para cumplir con los límites más estrictos de la legislación vigente con respecto a la calidad del agua residual tratada, pero con considerables o elevados costos de operación.

- **Lagunas de estabilización**

Cuando el terreno es barato e impermeable, y no se requiere bombear el agua residual a grandes distancias o elevaciones, las lagunas de estabilización suponen costos de inversión bajos o moderados, con valores en México en torno a los 7, 000 – 8, 000 US\$/L/s), para un caudal elevado (900 L/s). En plantas menores el costo aumenta, en torno a los 13,000 US\$/L/s), para un caudal de 100 L/s.

Cuando el terreno es caro, poco apto para la excavación o permeable, los costos aumentan considerablemente. Los costos de operación de las lagunas de estabilización son en México bajos o muy bajos (en torno a los US\$ 0,03 - 0,05 US\$ /m³), a no ser que se requiera bombear el agua residual desde una cierta distancia o desnivel.

La calidad del efluente de las lagunas de estabilización no es en general tan buena como la del proceso de lodos activados, a no ser que se utilicen tiempos de retención muy elevados y, en algunos casos, postratamientos para remover sólidos y patógenos. Sin embargo, las lagunas son adecuadas para cumplir con la mayor parte de los límites establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (riego agrícola directo, y descarga a cuerpos de agua destinados al riego agrícola). Por ello, y por ser procesos económicos y de operación sencilla, que resisten bien las oscilaciones de carga y caudal, se han aplicado ampliamente en México, especialmente en poblaciones con disponibilidad de terrenos cercanos al núcleo urbano. En diciembre de 2004, 549 PTAR municipales operaban en México basadas en lagunas de estabilización (42 % del total), aunque sólo sumaban 18% del caudal instalado de las plantas en operación, con un caudal instalado promedio de 29,2 L/s por planta. Las lagunas aireadas facultativas tienen costos de inversión intermedios entre el proceso de lodos activados y las lagunas de estabilización, y suponen una alternativa para considerar cuando existen amplias extensiones de terreno pero su disponibilidad o su precio no hace viable la construcción de lagunas de estabilización:

Las lagunas aireadas ocupan menos terreno y tienen menores costos de inversión que el proceso de lodos activados. En diciembre de 2004 operaban en México 15 PTAR municipales basadas en lagunas aireadas, que sumaban 6,7 % del caudal de instalado en las plantas en operación.

- **Tratamiento anaerobio**

La calidad del efluente del proceso anaerobio es en general menor que la del proceso aerobio. Sin embargo, es posible combinar el proceso anaerobio con un postratamiento aerobio, o con lagunas de estabilización o humedales artificiales, para conseguir una mejor calidad del efluente. El tanque séptico (o fosa séptica) y el tanque Imhoff representan dos formas tradicionales de tratamiento anaerobio descentralizado de los efluentes domésticos, normalmente en lugares donde no existe red de alcantarillado. También se han utilizado en el tratamiento del agua residual municipal.

El reactor anaerobio de lecho de lodos y flujo ascendente (upflow anaerobic sludge blanket reactor, UASB reactor) se ha llamado en México reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA).

Este reactor permite tratar el agua residual a temperatura ambiente, para temperaturas del agua residual de 15°C o más. Esto incluye durante todo el año las regiones de clima tropical y subtropical, como el sureste mexicano o la mayor parte de Colombia. Según la misma referencia, para temperaturas del afluente de 12 - 15 °C. Las regiones incluidas en esta última categoría incluyen los países mediterráneos, el centro y norte de México y el norte de Chile y Argentina.

Los costos de inversión y operación para el tratamiento anaerobio son bajos. El sistema UASB + lagunas facultativas tiene costos de inversión de 9,000 -18,000 US\$ / (L/s), para una planta de 360 L/s, con unos costos de operación bajos, en torno a los 0.03 US\$ / m³.

A diciembre de 2004, operaban en México 65 RAFA, que representaban 5 % de las plantas en operación, y sólo 1.7 % del caudal instalado en plantas en operación. Asimismo, funcionaban 125 plantas basadas en tanques sépticos o Imhoff, que trataban otro 1% del volumen instalado en las plantas en operación. Sumando al tratamiento anaerobio las lagunas de estabilización, los humedales artificiales (64 plantas, 0.7 % del caudal), y las plantas con tratamiento primario resulta que 862 PTAR municipales (66 % del total, 30 % del caudal) se basan en tecnologías de bajos costos de inversión y operación, y de bajo consumo energético, ver Tablas 5.1 y 5.2.

Tabla 5.1 Planta de tratamiento en México

Tipo de Proceso	N° plantas	Caudal L/s	% N	% Caudal
Dual	3	3,300	0.2	3.7
Lagunas de estabilización	549	16,050	42.2	18.1
Primario	13	3,145	1	3.5
Tanque Imhoff	58	659	4.5	0.7
Tanque Séptico	67	305	5.2	0.3
Wetland	64	330	4.9	0.4
Filtro biológico	46	4,318	3.5	4.9
RAFA	65	1,476	5	1.7
Biodiscos	7	734	0.5	0.8
Lagunas aireadas	15	5,932	1.2	6.7
Zanjas de oxidación	28	2,612	2.2	2.9
Primario avanzado	16	11,235	1.2	12.7
Lodos Activados	280	38,120	21.5	43
Reactor enzimático	41	102	3.2	0.1
Oíros	48	401	3.7	0.5
Total	1300	88,718		

Fuente: Internet

Tabla 5.2 Costos comparativos de sistemas de tratamiento de agua residual

Fuente	Tipo de sistema	(hab.)	Caudal (l/s)	Temp. (°C)	Inversión US\$/hab.	Costo de Const. US\$
Alcocer (1994)	Reactor UASB ¹	10,300	14.09	20	7.87	81,061
van Haandel (1998)	Reactor UASB	-	-	-	15	-
Giraldo (1998)	Reactor UASB ²	-	370	24	-	2,590,000
Giraldo (1998)	Reactor UASB ³	-	45	24	-	751,500
Giraldo (1998)	Reactor UASB ⁴	-	5	-	-	120,000
El presente trabajo	Reactor UASB	2,897	5.89	16.3	120	350,000
van Haandel (1998)	Reactor UASB	-	-	-	15	-
Alcocer (1994)	Laguna de Sedimentación ⁵	10,300	14.09	20	3.63	37,389
van Haandel (1998)	Laguna de estabilización	-	-	-	28	-
Giraldo (1998)	Laguna facultativa ⁴	-	5	-	-	66,667
1Arvizu(1996)	Tratamiento anaerobio	-	-	-	30	-
Jürgensen (1997)	RALF	625	-	-	22.4	14,000
Jürgensen (1997)	RALF	1,250	-	-	16	20,000
Giraldo (1998)	Reactor anaerobio a pistón ⁴	-	13	-	-	117,000
Giraldo (1998)	Reactor anaerobio a pistón ⁴	-	5	-	-	113,333
Arvizu (1996)	Tratamiento aerobio	-	-	-	50	-
vanHaandel (1998)	Lodos activados	-	-	-	50	-
Giraldo (1998)	Lodos activados	-	22	20	-	990,000
Giraldo (1998)	Aireación extendida ⁴	-	5,00	-	-	173,333

¹ Con calentamiento al afluente desde 8°C; ² Incluye costo de lagunas para tratamiento secundario; ³ Incluye costos de control de olores; ⁴ Referidos a un costo de 4 \$us/m² y a 1 \$us = 750 Pesos Colombianos; ⁵ Postratamiento al Reactor UASB.

Para complementar la selección de las alternativas mas adecuadas, a continuación se brinda un sistema de puntuación de las tecnologías mencionadas, que facilitara con mayor claridad la selección estas.

5.1.2 Sistema de puntos para seleccionar la mejor alternativa de tratamiento de agua residual

En esta fase sé seleccionara parcialmente una alternativa de entre las preseleccionadas. Los criterios de evaluación contemplados se valoraron para cada alternativa preseleccionada con cifras numéricas entre 0 y 10, que contemplan las situaciones extremas más desfavorables y favorables respectivamente.

A su vez se pondero justificadamente cada criterio de evaluación, otorgándole un peso parcial según las circunstancias especificas de la ciudad universitaria. Cuando mayor sea al peso otorgado, mayor importancia tendrá ese criterio para la selección de la tecnología a utilizar.

Estas valoraciones numéricas pueden observarse en la matriz final de selección.

Los criterios de evaluación se describen a continuación:

Superficie:**Tabla 5.3 Matriz superficie**

Superficie	Puntuación (1-complejo) (10-simple)		
	Superficie		Nota
Reactor RAFA	Escasa	10	10
Lodos activados	Escasa	10	10
Lagunas	Elevadas	3	3
Peso adoptado (1-mínimo)(10-máximo)= 7			

Fuente: propia

El peso aplicado a este criterio, no solo depende de la libre disponibilidad de terrenos, sino también de sus costos(Ruiz 2000). En este caso específico la universidad cuenta con 3 hectáreas libres en la cual tranquilamente se podría implantar un sistema de lagunas, pero en estos últimos años se ha dado un alza de manera exorbitante en los precios de terrenos para la construcción, motivo por el cual, la universidad sería muy recelosa para ceder parte de su terreno. Es por ello que la puntuación de este criterio resulta medianamente alta.

Simplicidad de construcción:

Tabal 5.4 Matriz de construcción

Sistemas	Movimiento de suelo		Obra civil		Equipos		Nota
Reactor RAFA	S	8	C	5	C	5	6
Lodos activados	MS	10	C	5	C	5	6.67
Lagunas	C	5	MS	10	MS	10	8.33
Peso adoptado (1-mínimo)(10-máximo)= 6							
MS = Muy simple = 10; S = Simple =8; C = Complejo =5; MC = Muy complejo =3							

Fuente: propia

El peso se ha otorgado a este criterio es medio, ya que en el mercado local hay una amplia oferta de tecnologías muy eficientes, así como mano de obra, que facilitan la construcción de la planta de tratamiento de efluentes. Además, el mercado también cuenta con el equipamiento necesario para cada sistema de tratamiento propuesto, de manera que la empresa tiene fácil acceso estas tecnologías.

Mantenimiento y operación

Tabla 5.5 Matriz de mantenimiento y operación

Sistemas	Simplicidad funcional		Personal requerido			Grado de control		Periodicidad		Nota
			Calificado	No calificado						
Reactor RAFA	C	5	Medio	Escaso	6	M	4	F	5	5
Lodos activados	C	5	Importante	Escaso	6	R	7	MF	3	5.25
Lagunas	S	8	Escaso	Escaso	10	P	10	PF	10	9.5
Peso adoptado (1-mínimo)(10-máximo)= 8										
PF = poco frecuente =10; RF =razonablemente frecuente = 8; F = frecuente = 5; MF =muy frecuente =3										
P = poco =10; R = regular = 7; M =mucho =4; C =Complejo; S = simple										

Fuente: propia

El peso adoptado en este criterio es alto, ya que es muy importante mantener y operar adecuadamente una planta de tratamiento de efluentes para que la depuración sea exitosa.

En el mercado existe personal capacitado para realizar estas tareas, a la vez que existen empresas que realizan consultaría para guiar a los operadores de planta en caso de necesitar ayuda o asesoramiento.

Costos de construcción

Tabla 5.6 Matriz costos de construcción

Sistema	Costo		Nota
RAFA	Muy elevado	4	4
Lodos activados	Elevado	5	5
Lagunas	Medio	7	7
Peso adoptado (1-mínimo)(10-máximo)= 10			

Fuente: propia

El peso de este criterio es alto, ya que es muy importante para la UNMSM el costo económico de la construcción del sistema a seleccionar. Actualmente, a la universidad los ingresos que recibe y capta no son muy elevados.

Costos de mantenimiento y operación

Tabla 5.7 Matriz de mantenimiento y operación

Sistema	Puntuación (1-alto) (10-bajo)			
	Personal	Costo energético	Mantenimiento	Nota
Reactor RAFA	7	15-20% costo de explosión	8	6
Lodos activados	6	25-40%	5	7
Lagunas	9	Sin costo	9	8
Peso adoptado (1-mínimo)(10-máximo)= 5				

Fuente: propia

Los costos de mantenimiento y operación no tienen en este caso peso elevado para elegir un sistema de tratamiento de efluentes.

La UNMSM cuenta con excelentes profesionales en el tema, el cual origina que los costos no sean muy elevados en ninguna de las alternativas preseleccionadas, y la UNMSM puede afrontarlas fácilmente.

Eficiencia de remoción de contaminantes

Tabla 5.8 Matriz de remoción de contaminantes

Sistema	Puntuación (1-mínima) (10-máximo)							Nota
	DBO	DQO	Aceites y grasas	SST	Nitrógeno	Fósforo	Coliformes	
RAFA	8	7	7	7	6	3	6	6.3
Lodos activados	9	8	8	9	7	6	9	8.0
Lagunas	7	5	5	6	5	2	10	5.7
Peso adoptado (1-mínimo)(10-máximo)= 10								

Fuente: propia

El peso que adopta la remoción de contaminantes es muy elevado, ya que, cuando más eficiente es la remoción, mejor es El sistema.

Sensibilidad y elasticidad

Tabla 5.9 Matriz de sensibilidad y elasticidad

Sistema	Puntuación (1-mala) (10-muy buena)			
	Efectos Temperatura	Variación carga	Variación caudal	Nota
Reactor RAFA	4	6	6	5.3
Lodos activados	5	7	6	6
Lagunas	3	8	8	6.3
Peso adoptado (1-mínimo)(10-máximo)=10				

Fuente: propia

El peso de este criterio es sumamente importante ya que, si el sistema no tiene sensibilidad y elasticidad, cualquier variación externa al sistema afectara su funcionamiento y eficiencia de remoción de contaminantes.

Influencia del medio ambiente

Tabla 5.10 Matriz del medio ambiente

Sistema	Puntuación (1-alto)(10-baja)														Nota
	Olor		Ruidos		Molestias Insectos		Integración entorno		Riesgo p/ la salud		Efectos al suelo		Implantación cerca de las viviendas		
Reactor RAFA	PN	4	PA	8	PA	8	M	4	Ba	10	PI	10	N	7	7.29
Lodos activados	PA	8	PF	5	PI	10	M	4	Ba	10	PI	10	N	7	7.71
Lagunas	PN	4	PI	10	PN	5	N	8	Me	6	Me	6	A	2	5.86
Peso adoptado (1-mínimo)(10-máximo)=10															
B = buena =10; N = normal = 7; M = mala = 4; PI = prob. Inexistente =10; PA = prob. Atípico = 8; PN = prob. Normal =5; PF = prob. Frecuente = 2; A = alto =2; Me = media = 6; Ba =baja =10															

Fuente: propia

El peso que adopta este criterio es el máximo, ya que se deben evitar y minimizar los impactos ambientales que pueda producir un sistema de tratamiento de efluentes. La finalidad del sistema de tratamiento de efluentes es evitar la contaminación ambiental, de manera que si se produce daño ambiental, no se cumplirá con la finalidad del sistema de tratamiento.

Producción de lodos

Tabla 5.11 Matriz producción de lodos

Sistemas	Puntuación (1-alto)(10-bajo)		
	Extracción de fango	Nota	
Reactor RAFA	Cada 6 meses	9	9
Lodos activados	Cada 15 días	7	7
Lagunas	Cada 5 años	10	10
Peso adoptado (1-mínimo)(10-máximo) =4			

Fuente: propia

El peso que adopta este criterio es bajo, ya que existen sistemas que permiten tratar los lodos para su posterior reutilización.

Matriz final de selección

La nota final para cada sistema de tratamiento se obtuvo según la siguiente fórmula utilizada por Ruiz (2000) en un trabajo similar de selección de tecnologías:

$$\text{Nota Final } (N_f) = \sum a_i * a_j / \sum a_j$$

En donde a_i es la puntuación asignada para cada sistema de tratamiento en los distintos criterios de evaluación, y a_j es el peso asignado a cada criterio de evaluación.

Si los pesos asignados a cada criterio de evaluación han sido razonados y justificados, entonces se elegirá como solución más idónea aquella de máxima puntuación.

Tabla 5.12 Matriz final

Criterio	Puntuación (a_i)			Peso adoptado (a_j)
	Reactor RAFA	Lodos activados	Lagunas	
Superficie	10	10	3	7
Simplicidad de construcción	6	6.67	8.33	6
Mantenimiento y operación	5	5.25	9.5	8
Costos de construcción	4	5	7	10
Costos de mantenimiento y operación	7	6	8.667	5
Eficiencia de remoción	6.29	8	5.71	10
Sensibilidad y elasticidad	5.3	6	6.3	10
Influencia en el medio ambiente	7.29	7.71	5.86	10
Producción de lodos	9	7	10	4
NOTA FINAL N_f	5.9	6.4	6.2	

Fuente: propia

Como se observa en la matriz final el sistema de lodos activados presenta la mayor nota. Hasta esta etapa se puede concluir que el sistema de lodos activados es el mejor, pero esto se confirmara cuando se llegue al capítulo XII y XIII, donde se determinara la inversión inicial, costos de operación y el valor presente neto de los sistemas seleccionados. Una vez analizado estos indicadores, podremos determinar la mejor alternativa.

5.2 Descripción de las alternativas seleccionadas

Para tener una mejor visión y conocimiento de los sistemas de tratamiento con mayor profundidad. Además, de tener en primer nivel los criterios de selección y el sistema de puntuación analizadas en este capítulo, escogeremos las mejores alternativas que cumplan con los requerimientos mínimos del uso tipo III de la ley general de aguas, para lo cual necesitamos disminuir casi en un 99% parámetros como la DBO y los coliformes fecales. Una vez cumplido los requisitos mencionados, en los capítulos XII y XIII, se analizarán los indicadores económicos, que nos permitirá seleccionar la mejor alternativa. Para este proyecto de tesis se plantea las siguientes alternativas, según lo visto anteriormente:

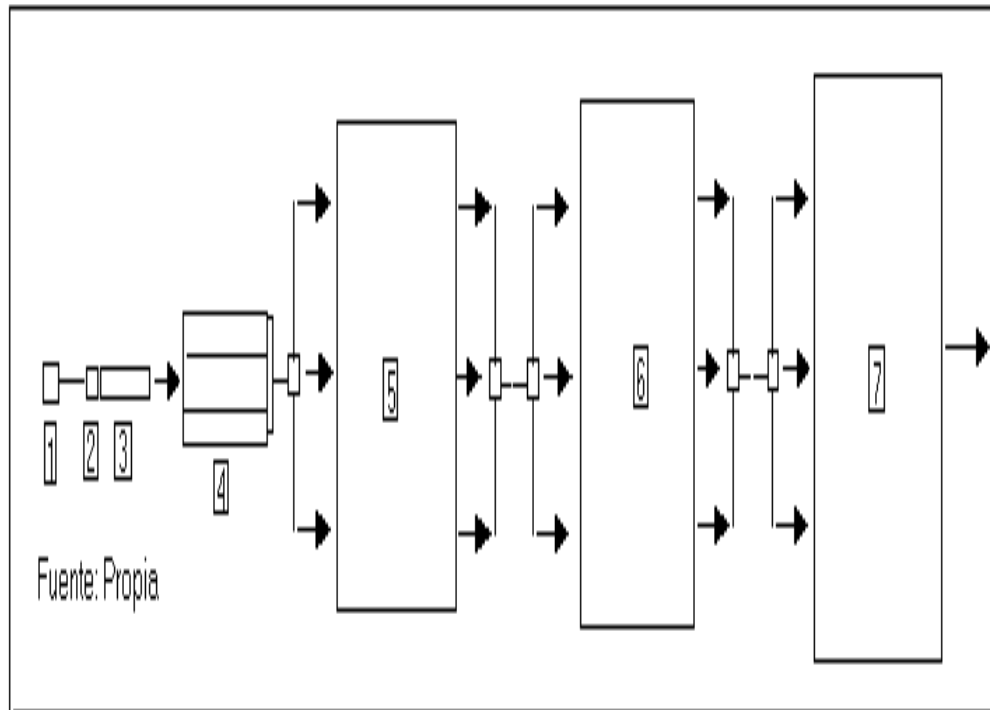
Alternativa N°1:

PRE-TRATAMIENTO + REACTOR UASB +LAGUNAS FACULTATIVAS

Alternativa N°2:

PRE-TRATAMIENTO + LODOS ACTIVADOS(Modalidad aireación extendida)+**SEDIMENTADOR SECUNDARIO+ DESINFECCIÓN**(cámara de contacto con cloro)

A continuación se describe cada alternativa:

Alternativa N°1:**Figura 5.1. Diagrama de Flujo del Sistema Propuesto**

Fuente: Propia

1. Cámara de recepción y de rejas medias
2. Cámara de rejas finas
3. Desarenador
4. Reactor anaerobio de flujo ascendente
5. Laguna Secundaria
6. Laguna terciaria
7. Laguna de acabado o maduración.

El sistema de tratamiento de agua residual consistirá en la construcción de lo siguiente:

a. Cámara de rejas medias

Ubicada a la entrada del recinto de la planta. Tiene por finalidad retener cuerpos extraños o sólidos gruesos que pueden alterar posteriormente el proceso de tratamiento, por ejemplo, tablas, ramas, trapos, basura, etc. El material es de fierro, con inclinación de 45° , tiene 18 barras de 6.25 mm de espesor, con separación entre barrotes de 25 mm.

b. Rejas finas.

Esta unidad se ubica aguas abajo del sistema de rejas gruesas, junto al desarenador. El conjunto esta conformado por dos rejas de fierro, con inclinación de 45° . Cada una tiene 11 barras de 6.25 mm de espesor con una separación de 10 mm entre ellas.



Figura 5.2 **Cámara de rejas**

c. Desarenador

Esta unidad tiene por finalidad separar material inorgánico por sedimentación a través de una velocidad controlada de 0.2 m/s y medida por una canaleta Parshall ubicada al final del desarenador. El desarenador es una estructura diseñada para retener la arena que traen las aguas servidas a fin de evitar que ingresen al proceso de tratamiento y lo obstaculicen creando serios problemas.

Su funcionamiento se basa en la reducción de la velocidad del agua y de las turbulencias, permitiendo así que el material sólido transportado en suspensión se deposite en el fondo, de donde es retirado periódicamente. Normalmente se construyen dos estructuras paralelas, para permitir la limpieza de una de las estructuras mientras la otra esta operando.



Figura 5.3 Cámara desarenadora

d. Medidor Parshall

Destinado para la medición de caudal bajo régimen crítico. La estructura presenta un ancho de garganta de 0.076 m, además, aguas arriba presenta un ancho de 0.259 m y un ancho de canal aguas debajo de 0.178 m.



Figura 5.4 Canaleta Parshall

e. Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA)

Es una unidad de tratamiento constituida por un digestor, sedimentador y una cámara de gas. El agua residual a ser tratada se distribuye uniformemente en el fondo del reactor. Posteriormente, fluye a través de una capa o manto de lodos que ocupa cerca de la mitad del volumen del reactor. Esta capa transforma o degrada la materia orgánica mediante su digestión.

El gas formado se acumula en las cámaras correspondientes y para evitar que pase hacia la zona de sedimentación, se ha previsto el uso de deflectores de gas (separadores de fases).

El agua asciende hacia la cámara de sedimentación y de ahí va hacia las canaletas recolectoras, obteniéndose un efluente clarificado que va posteriormente a las lagunas de estabilización.

En el Reactor, En un tiempo de retención de aproximadamente 7 horas, se espera remover 60 a 80 % de la materia orgánica, generándose a su vez gases y lodos que pueden utilizarse como combustible y acondicionador de suelos agrícolas, respectivamente.

Componentes:

- En la entrada del reactor se encuentra una cámara repartidora de caudal con vertederos triangulares instalados en paralelo, donde ingresa el desagüe proveniente del PRE- tratamiento. De la cámara de repartición salen dos tuberías de PVC de 6" que conducirán el caudal afluyente a dos distribuidores ubicados en la parte superior del reactor. Cada distribuidor es una estructura rectangular de 1.26 m de largo por 0.9 m de ancho y 0.5 m de altura. En esta estructura hay 12 compartimientos, cada uno con un vertedero triangular de 0.25 m de altura para permitir una distribución uniforme del caudal.
- Reactor. Es una estructura de hormigón armado de 12 m de largo por 5.3 m de ancho y 3.5 m de altura de digestor. En cuanto al dispositivo de extracción de exceso de lodos, el reactor cuenta con un sifón de PVC de 8", ubicada a 1.5 m del fondo que permite la evacuación de lodos. Se han previsto 4 salidas de lodos, también mediante sistemas de sifones de PVC de 4", para toma de muestras de lodos ubicadas a 1, 1.5, 2.0 y 2.5 m del nivel del fondo.
- Sedimentador. Esta zona se ubica sobre los 3.5 m del reactor. La altura de sedimentación es de 1.5 m y 0.2 m de altura de borde libre. La abertura entre el sedimentador y el separador de fases es de 20 cm.

- Cámara de gases Se ubica en la parte superior del RAFA, tiene una altura de 0.4 cm, una longitud de 12 m y un ancho de 2.5 m. Esta cámara cuenta con una salida de gas de 4". El gas se debe quemar o utilizar como combustible. No obstante, para esto ultimo se requiere de dispositivos de captación y limpieza posteriores. En tanto se defina su aprovechamiento, el gas debe quemarse continuamente en un mechero.
- Sistema de recolección de agua tratada. Se ubica en la parte superior de los sedimentadores y consiste en dos canaletas laterales de sección triangular ubicadas en la parte lateral del RAFA. Cada canaleta cuenta con vertederos colocados en toda su longitud. El desagüe de dichas canaletas desemboca en un canal principal ubicado dentro del reactor, por la parte intermedia del canal el efluente se libera por medio de un tubo de PVC de 8" hacia la laguna facultativa secundaria.

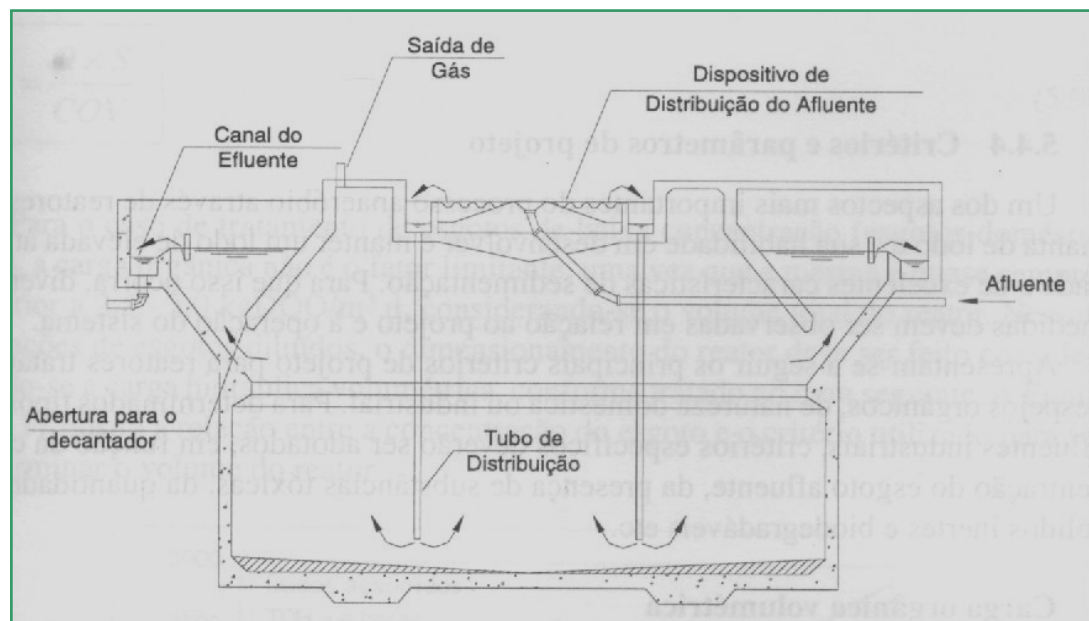


Figura 5.5 Reactor anaerobio de flujo ascendente

Fuente: Internet

f. Lagunas de estabilización

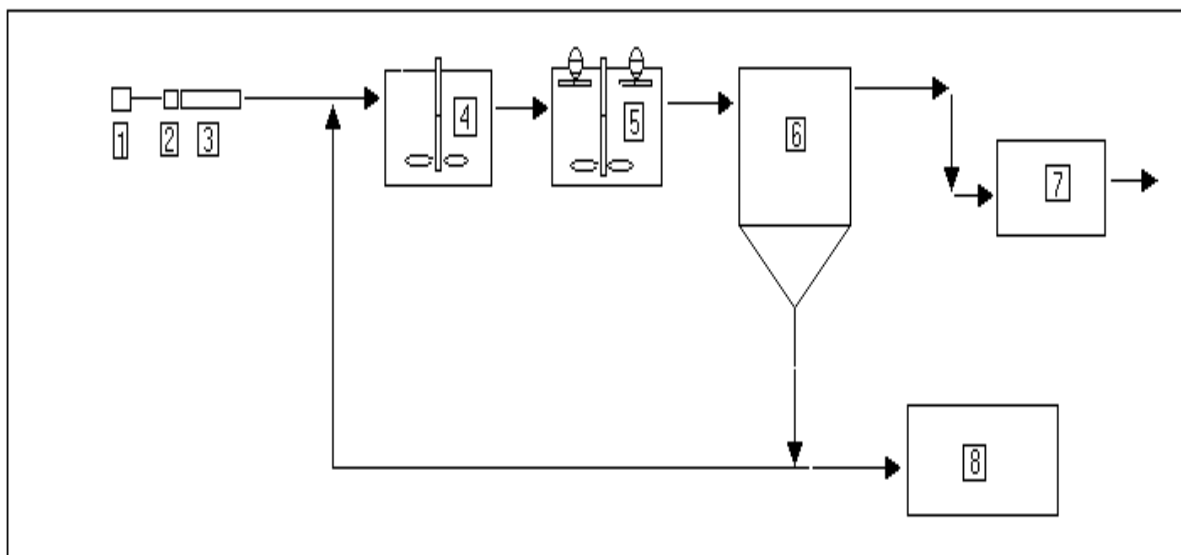
El sistema esta constituido por una laguna secundaria, terciaria y de acabado, todas del tipo facultativo y dispuestas en serie.

El efluente del sistema RAFA ingresa a la laguna secundaria, a través de tres entradas distanciadas proporcionalmente. El efluente sale por medio de tres salidas, las que se unen posteriormente en un dispositivo de repartición de caudales en el que se puede realizar la medición de caudales a través de vertederos. Desde este dispositivo, se reparte el caudal nuevamente hacia tres entradas de la laguna terciaria. Lo mismo se repite con la laguna de acabado. El efluente final sale de esta laguna a través de una tubería de PVC de 6”.

El modelo hidráulico de las lagunas es de un flujo disperso. Los procesos que se desarrollan en las lagunas son: Sedimentación; digestión de lodos; estabilización aerobia de la materia orgánica con consumo de CO_2 ; fotosíntesis, con formación de algas y producción de O_2 y consumo de CO_2 ; y remoción de bacterias y parásitos.



Figura 5.6 Laguna de estabilización

Alternativa N°2:**Figura 5.7: Diagrama de Flujo del Sistema Propuesto**

Fuente: Propia

1. Cámara de recepción y de rejillas medias
2. Cámara de rejillas finas
3. Desarenador
4. Estanque ecualizador
5. Estanque o reactor con aireación extendida
6. Sedimentador secundario
7. Cámara de contacto con cloro
8. lecho de secado

El sistema de tratamiento de agua residual consistirá en la construcción de lo siguiente:

El pretratamiento que se aplicara a este sistema es el mismo en las dos alternativas, por lo tanto no necesitara describirlo de nuevo.

a. Estanque ecualizador

Es un estanque o cámara de digestión primaria que sirve de PRE-aireación y homogenización del caudal afluente, cuya función es dotar de caudales de diseño al sistema de lodos activados. Y en momentos de poco caudal permite que el sistema de lodos activados trabaje siempre con un caudal determinado.

El diseño del estanque ecualizador es el mismo que el de lodos activados, ya que cuando se realiza el mantenimiento de este último, el estanque ecualizador permite que el sistema de tratamiento total no se interrumpa.

b. Lodo activo modalidad aireación extendida

La masa de agua doméstica en este estanque es agitada y aireada para evitar la sedimentación de sólidos y mantener su condición aeróbica.

El agua residual ingresa al estanque de aireación donde se mezcla con lodo. Lo resultante es conocido como licor de mezcla, el cual es aireado dentro del mismo estanque. Las bacterias que naturalmente se encuentran en el agua doméstica, se nutren de la materia orgánica que se encuentra en suspensión y en disolución, generándose un aumento de la población microbiana y un consumo de oxígeno.

Como subproductos del metabolismo celular se liberan anhídrido carbónico y agua. Todo este proceso, junto a una agitación de la masa de agua, y la exudación de polímeros naturales por parte de algunas bacterias, genera un aumento de tamaño y peso de las partículas (proceso conocido como floculación).

Para el caso del lodo activo modalidad aireación extendida el volumen haciendo a 542.4 m³ y el tiempo de retención hidráulica es de 18 horas.

Para el dimensionamiento del estanque de aireación se utilizará la altura de líquido recomendada de 5 m para obtener un mejor rendimiento de disolución del oxígeno en el agua (Collado, 1999), y Mediante la relación Largo / Ancho de 3, se obtiene un largo de 18 m y una ancho de 6 m.

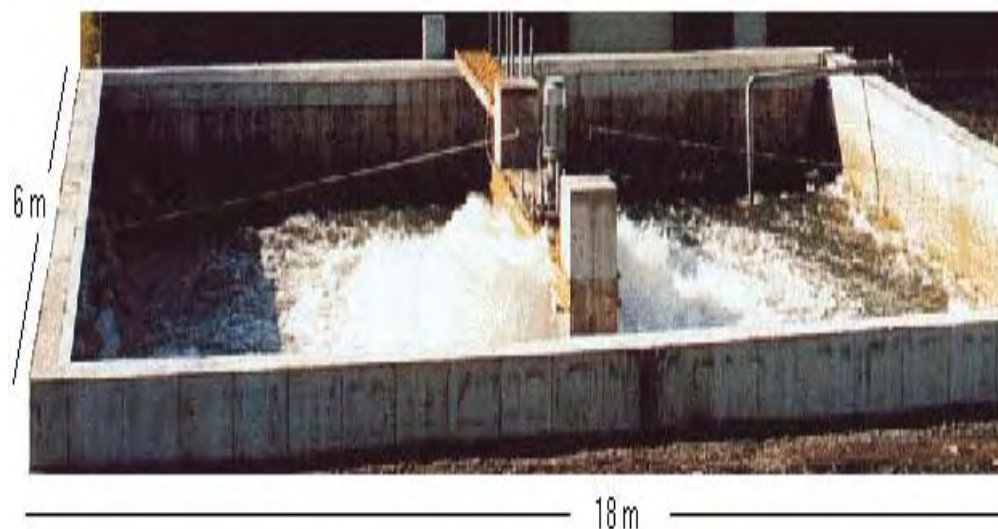


Figura 5.9 Reactor con aireación extendida

c. Sedimentador secundario

Una vez que se ha logrado metabolizar la materia orgánica y flocular las partículas, se hace pasar la mezcla a un estanque de sedimentación de flujo laminar donde se separan los sólidos por decantación, los que se acumulan en su fondo, obteniéndose en la zona superior agua clarificada (efluente). Por el hecho que estos lodos contienen gran cantidad de microorganismos y en menor medida materia orgánica, ellos son retornados al reactor, de modo de mantener una cantidad constante de biomasa activa en aireación (encargada de la degradación de materia orgánica). El sedimentador es de tipo circular, con un área superficial de 203.27 m² y un diámetro de 16.2 m. La altura total efectiva es de 2.7 m y el volumen haciende a 477 m³.

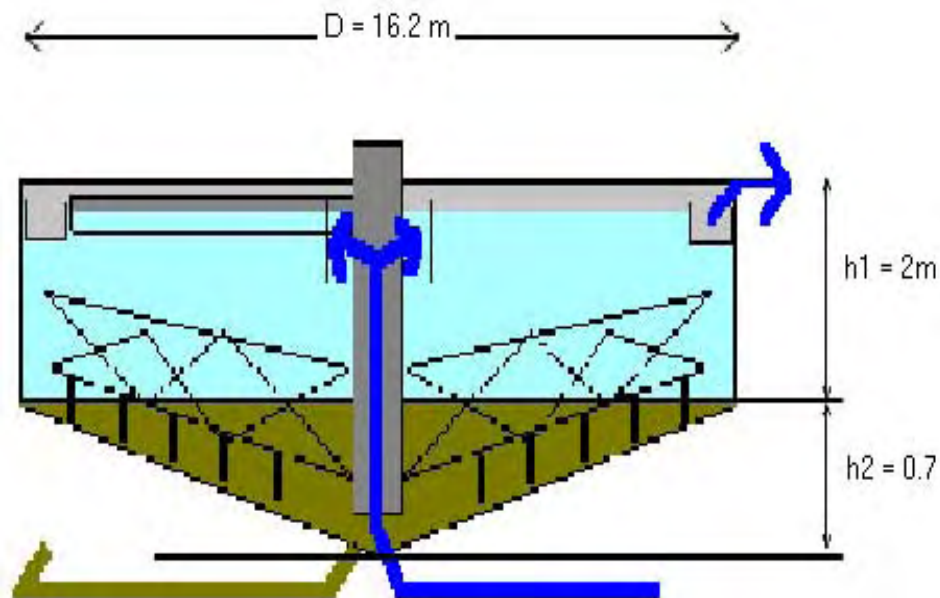


Figura 5.10 **Reactor con aireación extendida**

d. Lecho de secado

A medida que transcurre la operación de una planta de este tipo, se produce un aumento del lodo y de la flora bacteriana en el estanque de aireación, en el de sedimentación, y en la recirculación, hasta llegar a un momento en que se requiere retirar parte de él, para evitar problemas de saturación y asegurar un adecuado balance entre la materia orgánica y los microorganismos en la etapa de aireación. Para alojar y deshidratar el lodo en exceso, se dispone de un lecho de secado de 22 m de largo, 11 m de ancho y una altura efectiva de 1 m.



Figura 5.11 Reactor con aireación extendida

e. Desinfección

El agua clarificada que abandona el sedimentador, al nivel de superficie (por rebalse), es conducida a un pequeño estanque donde se efectúa su desinfección mediante cloración por hipoclorito de sodio. Se persigue reducir la cantidad de microorganismos patógenos, para eliminar la posibilidad de provocar contagio de personas y otros seres vivos producto del contacto con el curso de agua receptora. Luego de esta etapa se obtiene el Efluente final de la planta, que será apto para fines de regadío.

El estanque de contacto con cloro presenta un largo de 5 m y un ancho de 2.5 m

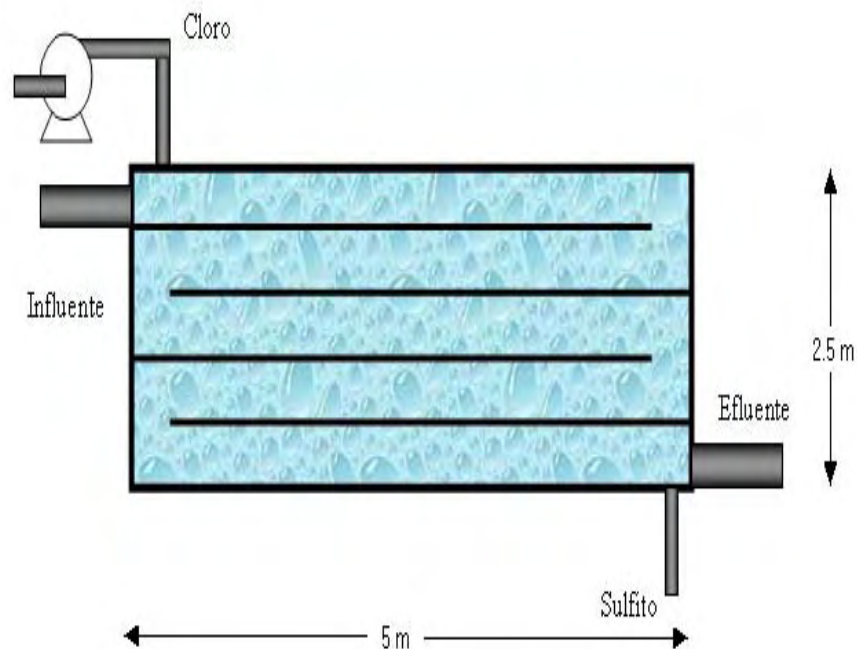


Figura 5.12 Cámara de contacto

CAPITULO VI

ESTUDIO ECONOMICO DE LA UNMSM

6.1 Aspectos económicos de la UNMSM

6.1.1 Presupuesto

El Presupuesto Asignado a la universidad durante el año 2007 fue de S/.274,258,414 nuevos soles. Este presupuesto tiene diferentes fuentes de financiamiento, que se define como la clasificación presupuestaria de ingreso de la universidad. Según el origen de los recursos recaudados, se distinguen cuatro fuentes de financiamiento que son: recursos ordinarios, recursos directamente recaudados, donaciones y transferencias, y recursos por operaciones oficiales de crédito externo.

Tabla 6.1. Presupuesto de la UNMSM en términos de porcentaje

fuelle de Financiamiento	Nuevos Soles	%
Recursos ordinarios	157,355,501	57.37
Recursos Directamente Recaudados	115,400,146	42.08
Donaciones y transferencia	1,487,880	0.54
Recursos determinados	14,558	0.01
TOTAL	274,258,414	100.0

Fuente: Oficina de presupuesto-Oficina General de Planificación.

De la tabla 6.1 se observa que la mayor fuente de financiamiento viene del ministerio de economía y finanzas (recursos ordinarios) con 157,355,501 soles y con menor presupuesto asignado fue de recursos determinados con 14,558 nuevos soles.

6.1.2 Ingresos

El mayor ingreso que tuvo la universidad en el 2007, por la fuente de recursos directamente recaudados fueron S/ 109,668,297 nuevos soles, que corresponde por tasas, ventas de bienes, prestación de servicios, rentas de la propiedad, saldos de balance y sanciones, entre otros.

Tabla 6.2. Ejecución de Ingresos del Presupuesto de la UNMSM

Fuente de Financiamiento	Total
Recursos Directamente Recaudados	109,668,297
Tasas	22,635,465
Venta de bienes	1,534,287
Presentación de Servicios	72,493,942
Rentas de la Propiedad	3,001,276
Multas sanciones y otros	184,322
Otros Ingresos Corrientes	3,279,358
Saldos de Balance	6,539,647
Donaciones y Transferencia	1,555,994.00
Ingresos Corrientes	3,367
Transferencias	179,901
Saldos de Balance	1,372,726
Recursos Determinados	15,629
Rentas de la Propiedad	8,597
Saldos de Balance	7,032
Total	111,239,920.00

Fuente: Oficina de Presupuesto- Oficina general de Planificación

6.1.3 Egresos

Es la cantidad de flujo de dinero que se separa del presupuesto de la universidad, para poder realizar sus pagos correspondientes. Continuación en la tabla 6.3 se muestra la ejecución de egresos del presupuesto por fuente de financiamiento.

**Tabla 6.3. Ejecución de Egresos del Presupuesto
de la UNMSM**

Fuente de Financiamiento	Total
Recursos Ordinarios	147,301,584
Personal y Obligaciones Sociales	79,740,472
Obligaciones Provisionales	37,788,591
Bienes y Servicios	11,407,290
Otros Gastos Corrientes	4,498,152
Inversiones	13,867,079
Otros Gastos de Capital	-
Recursos Directamente Recaudados	108,131,190
Vienes y Servicios	55,894,436
Otros Gastos Corrientes	48,156,188
Inversiones	554,511
Otros Gastos de Capital	3,526,055
Donaciones y Transferencia	215,417.00
Bienes y Servicios	21,847
Otros gastos Corrientes	79,551
Inversiones	-
Otros Gastos de Capital	114,019
Recursos Determinados	7,864
Bienes y Servicios	9
Otros Gastos Corrientes	-
Inversiones	7,855
Total	255,656,055.00

Fuente: Oficina de Presupuesto- Oficina general de Planificación

6.2 Aspecto económico del alumnado

De acuerdo a los datos obtenidos por la oficina de estadística la mayoría de alumnos matriculados tienen su lugar de residencia en lima cercado, San Juan de Lurigancho, San Martín de Porres, Lima cercado, Comas, los Olivos y Ate Vitarte, de los cuales estos pertenecen a la clasificación peruana socioeconómica B, C, D.

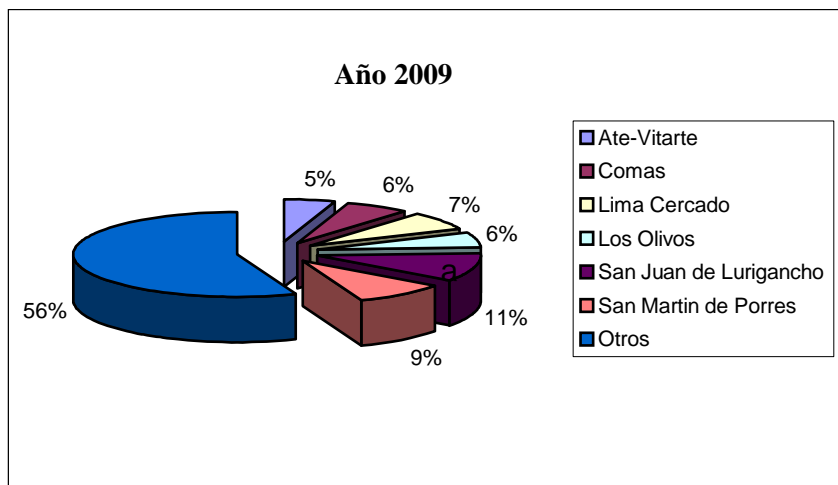


Figura 6.1. Distribución de la población según lugar de residencia

6.2.1 Ingreso mensual familiar del alumnado

Del gráfico se observa que el ingreso familiar que predomina corresponde al intervalo de 401-800 soles (37%).

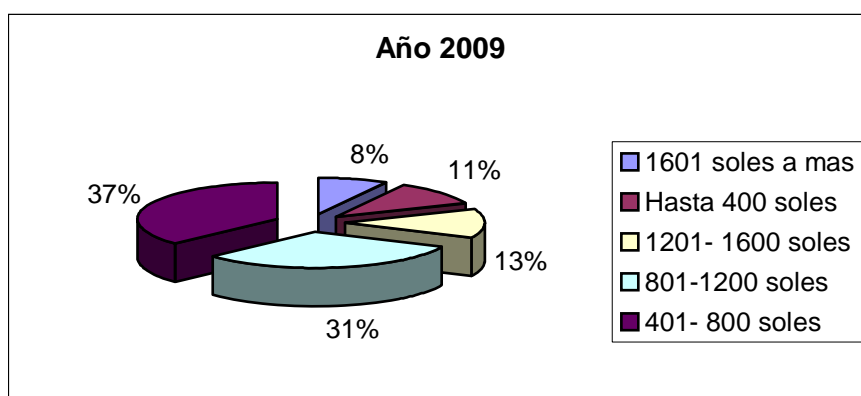


Grafico 6.2. Ingreso mensual familiar expresado en porcentaje

CAPITULO VII

ESTUDIO DE LA POBLACIÓN UNIVERSITARIA

7.1 Descripción de la población

La población esta conformada por alumnos de PRE-grado, docentes, Personal administrativo y obreros de todas las áreas. Para realizar un mejor estudio de la población, es necesario contar con datos censales de años recientes, los mismos que se realizaron desde el año 2000 hasta el 2008. Los resultados censales se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 7.1. Población, Ciudad Universitaria
2000-2008**

	variables			total
	1	2	3	
	Alumnos matriculados	Docentes	No docentes	
Años				
2000	20,363	1,749	1,900	24,012
2001	22,466	1,990	1,907	26,363
2002	23,570	1,984	2,534	28,088
2003	24,381	1,968	2,411	28,760
2004	24,707	1,940	2,651	29,298
2005	24,902	1,932	2,753	27,676
2006	23,804	1,897	2,268	27,969
2007	23,813	1,870	2,306	27,989
2008	23,930	1,890	2,320	28,140
Promedio	23,501	1,916	2,341	27,519

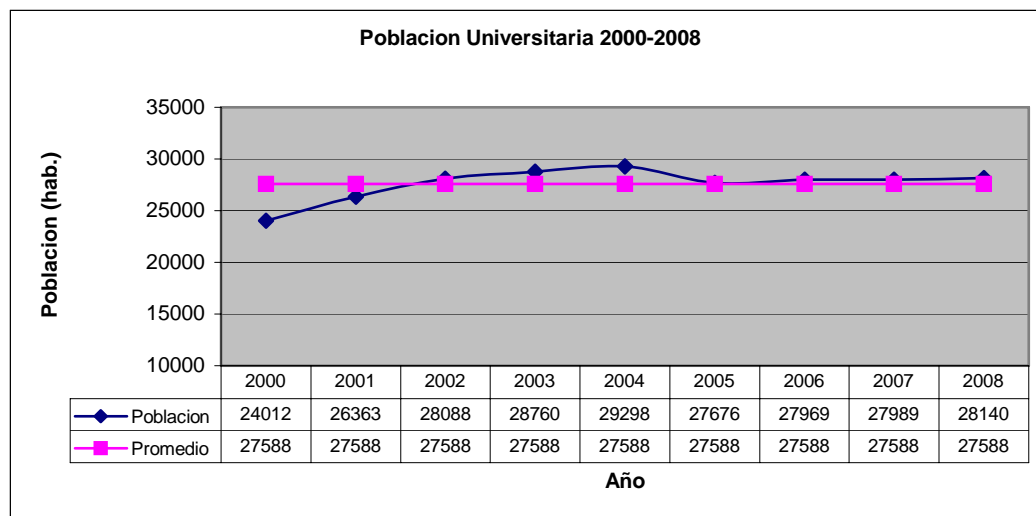
Fuente:

1 Sistema único de Matricula

2 y 3 Oficina General de Personal

Para una mejor interpretación del comportamiento de la población universitaria, se muestra la figura 7.1.

Figura 7.1. Población Universitaria



Fuente: Propia

Del grafico se observa que del año 2000 hasta el 2004, la población fue aumentada, debido a la construcción de la sede Central (Jorge Basadre), creación y remodelación de facultades, y principalmente al aumento de vacantes para las diferentes carreras. A partir del 2004 la población fue disminuyendo. Esto se debe principalmente a que la UNMSM disminuyo sus vacantes, los postulantes no alcanzaron el puntaje mínimo establecido para su ingreso, los alumnos postergaron sus bacantes y al cese del personal.

Del grafico se observa además que, el valor promedio de la población es de 27,588 habitantes. Este valor se tomara como referencia para el calculo de posteriores operaciones matemáticas.

7.2 Estructura poblacional

Referente a la estructura poblacional de la ciudad universitaria, para mayor información, en el cuadro 7.2, se muestra la distribución de la población según la dependencia orgánica.

Cuadro 7.2. Distribución De la Población Según Dependencia Orgánica

Dependencia Orgánica	Alumnos (1)	Docente (2)	Administrativo (3)	Obreros(4)	Personal contratado (5)
Administración Central		38	367	40	930
Derecho y Ciencia Política	2,240	116	23	6	45
Letras y Ciencias Humanas	1,865	186	33	1	116
Odontología	455	124	67	4	12
Educación	1,122	120	30	1	140
Química e Ingeniería Química	1,168	97	19	2	1
Ciencias Administrativas	2,712	120	17	0	64
Ciencias Biológicas	824	90	27	0	13
Ciencias Contables	1,699	57	21	3	0
Ciencias Económicas	1,621	86	23	1	23
Ciencias Físicas	1,031	130	21	0	0
Ciencias Matemáticas	1,672	171	28	3	15
Ciencias Sociales	1,791	144	29	1	33
Geol., Min., Met. Y Cc.geo.	1,109	123	20	4	20
Ingeniería Industrial	1,235	48	20	1	3
Psicología	845	70	18	0	16
Ingeniería Electrónica	1,216	81	11	1	15
Ing. De sistemas e Informática	1,208	69	16	2	0
Total	23,813	1,870	790	70	1,446

Fuente:

1 Sistema único de Matricula

2 y 3 Oficina General de Personal

Nota:

1 Alumnos Matriculados 2007

2 Profesores Permanente y Contratados

3 Administrativos Permanentes y contratados

4 Obreros Contratados

5 Personal Contratado por la Modalidad de Servicios no Personales

CAPITULO VIII

SERVICIOS ACTULES DE LA UNMSM

8.1 Servicios básicos que recibe la UNMSM

La ciudad universitaria cuenta con el servicio de luz, agua, desagüe, teléfono, Internet, etc. Estos se pagan mensualmente a sus respectivas dependencias (Edelnor, Sedapal, telefónica). El área de mantenimiento de la universidad es la encargada de monitorear y llevar el control del consumo de estos servicios.

Con respecto al servicio del agua, la UNMSM cuenta con un pozo, donde se extrae el agua y luego es distribuido hacia todas las facultades de la ciudad universitaria. El pago de este servicio no se hace de manera directa (por consumo), si no por la cantidad de agua residual que la UNMSM vierte a los colectores de lima metropolitana (uso de la red de alcantarillado). SEDAPAL, factura o cobra a la universidad considerando un 69 % como factor de descarga. Este quiere decir que el 69% del consumo que utiliza la universidad en un mes se descarga como agua residual hacia los colectores. El resultado obtenido en metros cúbicos de agua residual se multiplica por el precio unitario, dando como resultado la cantidad de dinero que se pagara a SEDAPAL a fin de mes.

El precio unitario que cobra SEDAPAL ha ido aumentando. En enero del 2006 el precio fue de 0.642 Soles por cada metro cúbico que se descargaba en los colectores y en Diciembre del 2007 fue de 2.573 soles. Este aumento de precio ha provocado que la facturación mensual por el uso de la red de alcantarillado de lima metropolitana, se incremente de una manera exorbitante.

A Continuación en la figura 8.1 se observa los pagos mensuales que realiza la universidad por descargar su agua residual hacia el sistema alcantarillado de lima metropolitana.

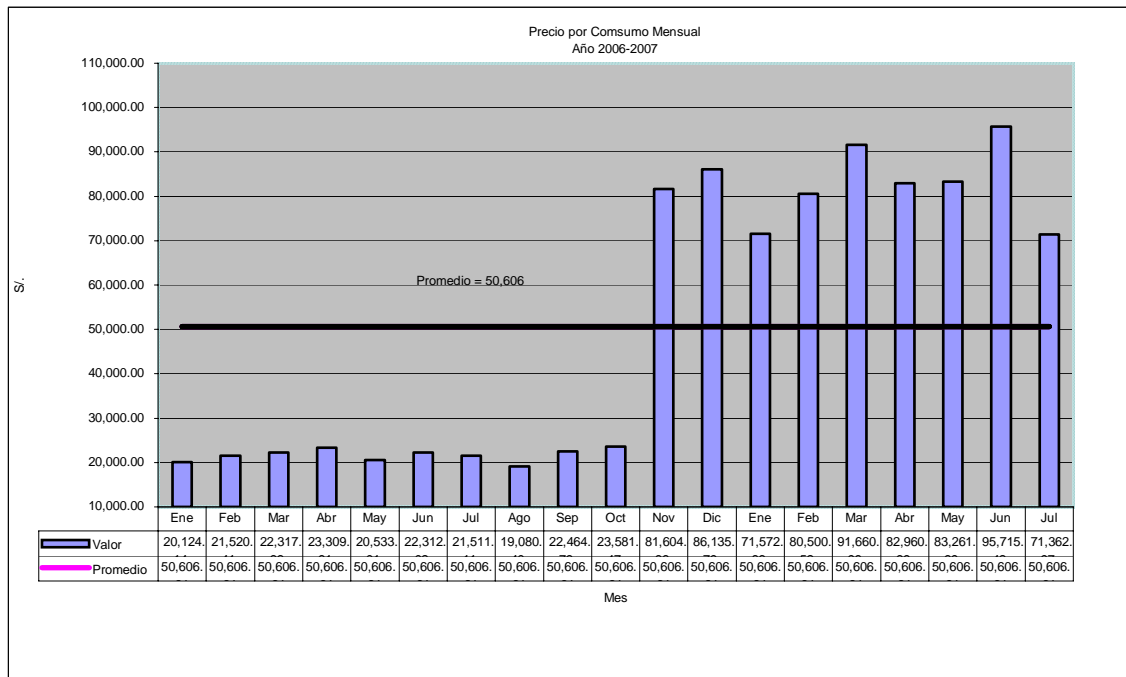


Figura 8.1. facturación mensual, por el huso de la red de alcantarillado

Nota : estos valores no se consideran el IGV

Fuente : propia

La menor suma que se pago a sedapal, fue en agosto, con un valor de 19,080 soles, y el mayor valor que se pago fue en diciembre, con un valor de 86,135 soles. A partir de noviembre del 2006 se observa que la facturación creció de manera exorbitante. Esto se debe a que SEDAPAL ha ido aumentando de manera continua el precio del costo unitario del servicio como se muestra en la tabla 8.1.

Tabla 8.1 Precio unitario por metro cúbico de agua residual

Año	Precio Unitario (Soles /m3)
2004	0.603
2005	0.626
2006	1.138
2007	2.533

Fuente: Oficina de mantenimiento

8.2 Servicios que brinda la universidad

El principal servicio que brinda la universidad, son las carreras universitarias. Los alumnos al momento de ingresar eligen sus carreras. Al concluir los estudios universitarios, los alumnos salen como egresados.

8.3 Servicios complementarios

Biblioteca:

La oficina general del sistema de bibliotecas, tiene bajo su control la organización de la biblioteca central y bibliotecas de las facultades. Están brindan el servicio de préstamo interno y externo de material bibliográfico a los alumnos, profesores y personas externas.

Vivienda universitaria:

Este servicio se encarga de otorgar vivienda para los estudiantes de bajos recursos económicos y /o procedentes de provincias.

Bienestar:

La oficina general de bienestar realiza los siguientes programas: programa de vacaciones útiles 2007, alimentación, salud, exoneración de pago de matrícula, alojamiento.

Centro cultural:

Sus atractivos principales son: el coro universitario, ballet universitario, danza, música y folklores. Los alumnos pueden participar de cada uno de estos rubros.

Transporte:

La universidad contiene una flota de omnibuses, que se encargan de transportar, interna y externamente, a los estudiantes universitarios.

Clínica universitaria:

La clínica universitaria de La UNMSM, es la encargada de velar y proporcionar atención medica a la comunidad universitaria, docentes, trabajadores no docentes y publico que acuda a sus servicios.

CAPITULO IX

SISTEMA EXISTENTE DE DISTRIBUCION DE AGUA Y RED DE ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA

9.1 Sistema de distribución de agua de la ciudad universitaria

En términos generales los sistemas actuales de distribución consisten en lo siguiente:

- Distribución por extracción de agua: Una captación principal de aguas subterráneas, que mediante un pozo de 135 m de profundidad y un sistema de bombeo, el agua es enviada hacia un reservorio de 25 m de altura y con una capacidad de 700 m³, desde el cual se envía mediante tuberías o líneas primarias al 100% de la población universitaria.
- Consumo de agua potable domiciliaria: El agua potable es enviada a través de dos líneas de alimentación secundaria, una viene de la unidad vecinal que queda frente al estadio universitario y la otra, de la conexión domiciliaria de agua existente (Cruce de la AV. Amezaga con la AV. Venezuela). Estas líneas se ponen en funcionamiento cuando se realiza un mantenimiento al sistema de extracción(pozo) y líneas de distribución de agua subterránea (primarias) hacia las dependencias. El flujo que se envía de las líneas secundarias presenta un caudal bajo, las cuales solo llegan hasta el primer piso de las dependencias.

9.1.1 Descripción de los componentes del sistema de distribución actual

a. Sistema de captación

Los flujos actuales de abastecimiento, son extraídos de un pozo (subsuelo), y mediante una bomba son impulsados hacia un reservorio de almacenamiento. A partir de este reservorio el agua desciende, con un caudal medio de 35 a 40 litros por segundo. Este es enviado mediante la red de distribución hacia toda ciudad universitaria.

b. Sistema de almacenamiento

Pozo:

Consiste en un pozo de 135 m de profundidad, de donde la altura efectiva de agua es de 80 m y la altura de la boca del pozo a la superficie del agua es de 55 m.

Reservorio de almacenamiento:

Existe un reservorio con 700 m³ de capacidad, ubicado dentro del estadio de la ciudad universitaria, con una altura de 25 m, Su forma es circular de 9 m de diámetro. De este reservorio se envía un caudal 35 a 40 litros por segundo hacia toda la ciudad universitaria.

El estado de conservación del reservorio es bueno y cuenta con las instalaciones necesarias para un buen funcionamiento futuro.

d. Sistema de distribución

Líneas de conducción

Las líneas de conducción existentes son tuberías PVC. Estas líneas son de diferentes diámetros y tienen diferentes funciones, como se muestra a continuación:

- Línea de 10 pulgadas de diámetro: Todas las tuberías de ascenso y descenso de agua en el reservorio.
- Línea de 8 pulgadas de diámetro: Líneas de la red de distribución de agua hacia toda la ciudad universitaria
- Líneas de 6 pulgadas de diámetro: Líneas de alimentación secundarias. Estas conducen el agua potable proveniente de las conexiones domiciliarias externas hacia el interior de la universidad.

9.2 Sistema existente de alcantarillado

La red está conformada por tuberías de concreto simple cuyos diámetros son de 8 pulgadas (Red principal: Troncales de tuberías) y 4 pulgadas (Red secundaria: Tuberías que van de las facultades hacia la red principal). Las tuberías de la red principal derivan sus aguas residuales hacia los buzones principales denominadas a, b, c, d, e, f. (Figura 9.1). A continuación se detallan todos los puntos (facultades), que derivan sus aguas residuales hacia los buzones principales.

Buzones principales:**Buzón a**

Como se observa en la figura 9.1 el buzón “a” pertenece a la red de alcantarillado de la AV. Venezuela, y recolecta las aguas residuales de las siguientes dependencias:

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1. Facultad. Geología | 7. Ciencias administrativas |
| 2. Facultad. Gimnasio | 8. Facultad. Derecho |
| 3. Facultad. Química | 9. Ciencias. sociales |
| 4. Centro. Producción | 10. Facultad. Letras |
| 5. Facultad. Biología | 11. Facultad. Electrónica |
| 6. Estadio del UNMSM | |

Buzón b

El buzón “b”, pertenece a la red de alcantarillado de la AV. Venezuela. Este recolecta las aguas residuales de las siguientes dependencias:

1. Facultad. Matemáticas
2. Facultad. Ciencias Físicas
3. Facultad. Industria.

Buzón c

El buzón “c”, pertenece a la red de alcantarillado de la AV. Amezaga, y recolecta el agua residual en los siguientes puntos:

1. Centro de Salud
2. Facultad. Mecánica de fluidos

Buzón d

El buzón “d”, pertenece a la red de alcantarillado de la AV. Amezage. Este recolecta las aguas residuales de la vivienda universitaria.

Buzón e

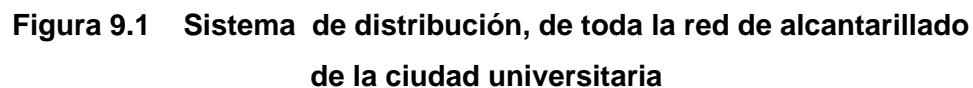
El buzón “e”, pertenece a la red de alcantarillado de la AV. Colonial, y recolecta las aguas residuales de la facultad de ingeniera de minas.

Buzón f

El buzón “f”, pertenece a la red de alcantarillado de la AV. Colonial. Este recolecta las aguas residuales de las siguientes dependencias:

1. Facultad. Educación
2. Biblioteca Central
3. Cede Central
4. Facultad. Geografía
5. Laboratorio. Electrónica
6. Facultad. Medicina tropical
7. Facultad. Odontología
8. Facultad.Sistemas

Los buzones a,b,c,d,e,f son buzones principales, que a partir de estos ,las aguas residuales se derivan hacia la red de alcantarillado de lima metropolitana. Estas aguas se despiden sin ningún tipo de tratamiento alguno. De la figura 9.1 se observa un esquema general de toda la red del sistema de alcantarillado de la ciudad universitaria.



CAPITULO X

POBLACIÓN UNIVERSITARIA DE DISEÑO

10.1 Población de diseño

La población de diseño esta comprendida por la zona seleccionada, como se observa en la Figura 10.1. Esta zona esta comprendida por dependencias, como se muestra en la tabla 10.1.

Tabla 10.1. Población por dependencias, que contribuyen con el agua residual (2007)

Dependencia Orgánica	Alumnos (1)	Docentes (2)	Administrativos (3)	Obreros (4)	Personal contratado (5)
Derecho y Ciencia Política	2,240	116	23	6	45
Letras y Ciencias Humanas	1,865	186	33	1	116
Química e Ingeniería Química / centro de producción	1,168	97	19	2	1
Ciencias Administrativas	2,712	120	17	0	64
Ciencias Biológicas	824	90	27	0	13
Ciencias Contables	1,699	57	21	3	0
Ciencias Económicas	1,621	86	23	1	23
Ciencias Sociales	1,791	144	29	1	33
Ingeniería Electrónica	1,216	81	11	1	15
club Deportivo de la UNMSM				2	35
Gimnasio Universitario					5
Total	15,136	977	203	17	350

Fuente: Propia

En la tabla 10.2 se muestra la cantidad de población anual que contribuye con la generación de agua residual, desde el año 2002 hasta el año 2008.

**Tabla 10.2. Población Contribuyente del
agua residual por año**

	variables			
	1	2	3	
Años	Alumnos matriculados	Docentes	No docentes	total
2002	15,812	1,133	710	17,655
2003	16,186	1,115	720	18,021
2004	16,334	1,080	800	18,214
2005	16,535	1,084	774	18,393
2006	16,232	1,069	715	18,016
2007	15,136	977	570	16,683
2008	15,320	1,015	650	16,985
Promedio	15,936	1,068	706	17,710

Fuente: Propia

Para estudiar mejor a la población contribuyente, se observa en la figura 10.1 la tendencia que sigue la población con el paso de los años.

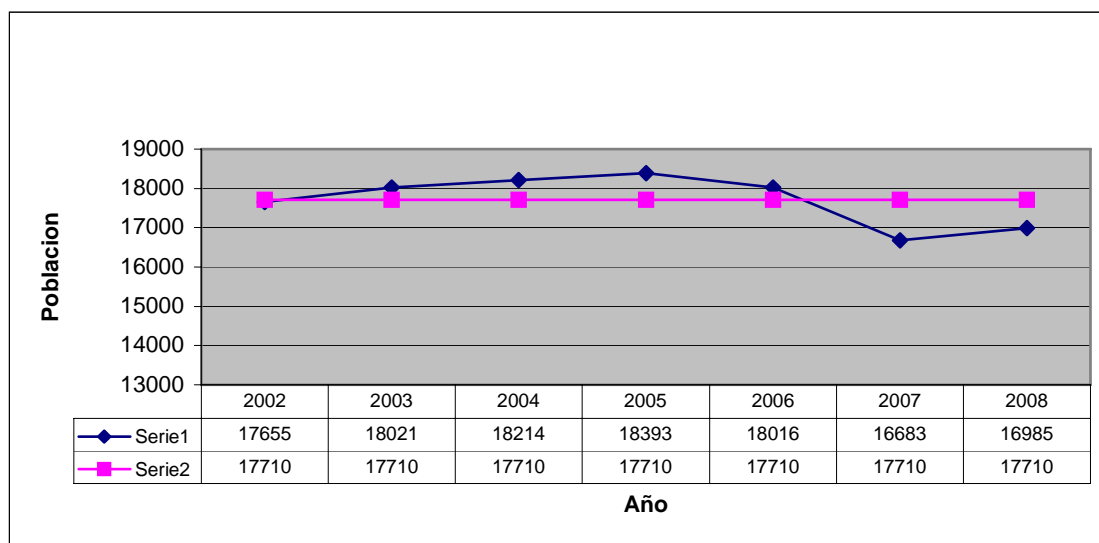


Figura 10.1. Población contribuyente por año

Fuente: Propia

De la figura 10.1, se observa que los datos circundan al valor promedio de la población, y la línea de tendencia que siguen, se asemeja a una línea recta o función constante. Entonces, se puede concluir que para los próximos años se espera que la población continúe con la misma tendencia.

Con fines de diseño, se tomara a la población promedio como valor representativo para calcular el caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua residual.

CAPITULO XI

ALTERNATIVAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PROYECTADAS

11.1 Ubicación del proyecto

El área del proyecto, se encuentra ubicado al Nor-Este de las instalaciones de la UNMSM. Esta área se encuentra limitada entre Hospital Naval, Huaca Sanmarquina y la sede principal JORGE BASADRE. Además se dispone de un área libre de 3 hectáreas aproximadamente

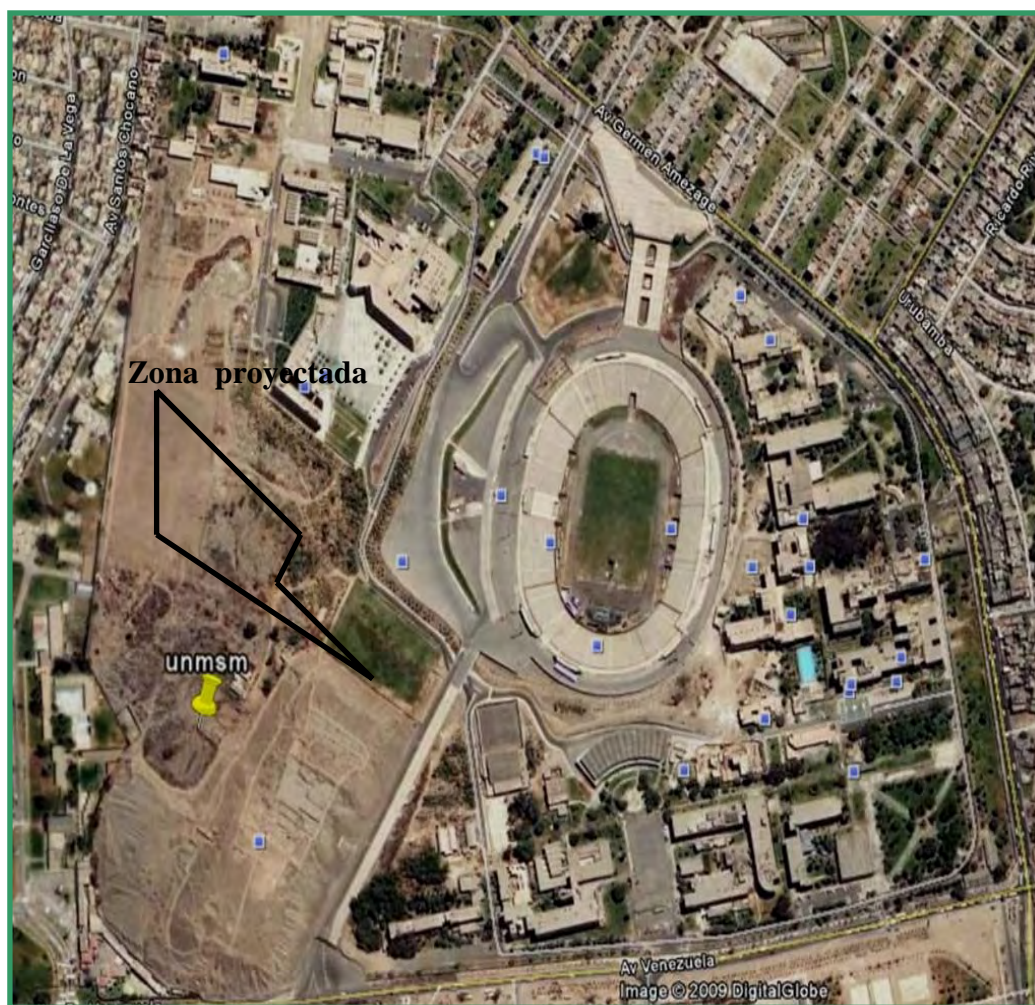
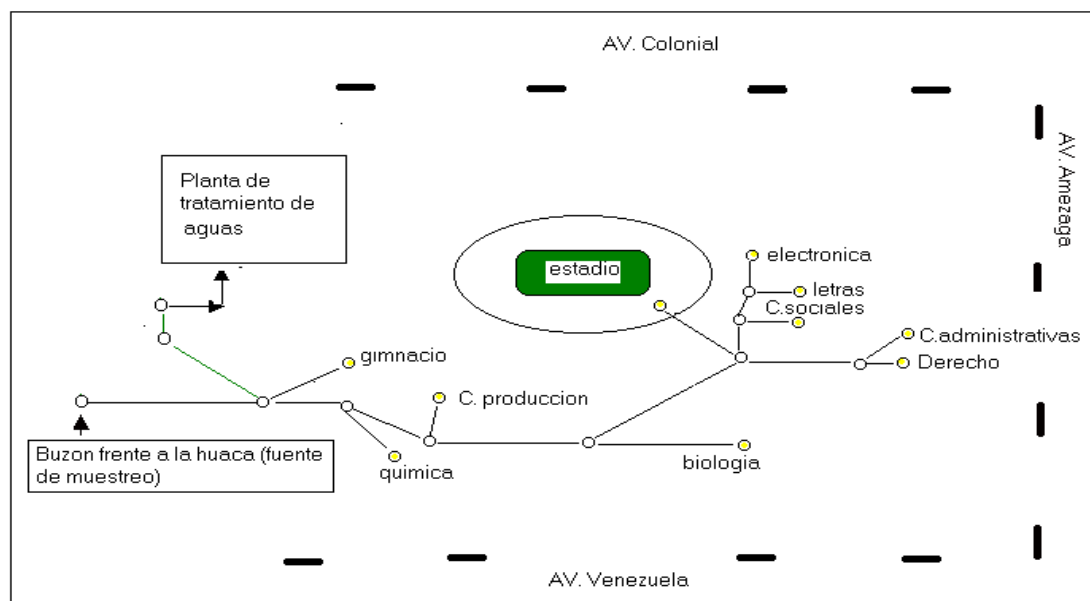


Figura 11.1 Vista panorámica de la ciudad universitaria

11.2 Sistema de alcantarillado seleccionado, para derivar sus aguas hacia la planta de tratamiento proyectada

Se realizó un seguimiento a las diferentes líneas de alcantarillado que reciben el agua residual provenientes de los diversos servicios sanitarios de las dependencias que se encuentran dentro de la ciudad universitaria. Además se revisó el plano de la red de alcantarillado de la ciudad universitaria y se analizó el mejor sistema factible para poder recaudar el agua residual. En la figura 11.2, se muestra la red de alcantarillado seleccionada para trasladar el agua residual hacia la planta de tratamiento de aguas proyectada.



Fuente: Propia

- Buzón de inspección
- Buzón principal
- Buzón de Facultad
- Línea no utilizada

Figura 11.2 Sistema de distribución de desagües hacia la planta de tratamiento proyectada

11.3 Obtención de datos

Para obtener los principales parámetros de diseño, se tuvo que analizar el agua residual de la fuente seleccionada (buzón de la huaca). La fuente recibe el agua residual de todas las dependencias, como se muestra en la figura 11.2.

Para determinar los valores de la tabla 11.1 se realizó un muestreo durante varias fechas, y luego llevarlas a analizar a un laboratorio de prestigio (Laboratorio de la facultad de ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería). Una vez obtenido los resultados, se procedió a graficar para estudiar su comportamiento y determinar los valores más representativos.

Tabla 11.1. Valores representativos de los parámetros

Parámetro	Unidad	Valor
Coliformes fecales	NMP/ 100ml	3.54E+08
DBO ₅	mg/L	273.8
Aceites y grasas	mg/L	6.13
pH		7.75
Temperatura	°C	18

Fuente : Propia

Para detallar más sobre los resultados de los parámetros obtenidos, se muestran las siguientes figuras (11.3 y 11.4), donde se detallan el comportamiento del DBO₅ y coliformes fecales. Estos parámetros son fundamentales para el diseño de las alternativas proyectadas.

En las figuras se observan datos que están por encima, debajo y coincidentes con la línea promedio.

En general estos datos no se ajustan a una función creciente o decreciente, ya que los valores obtenidos dependen mucho de la fecha, hora, estación y principalmente de la cantidad de personas que contribuyen con la carga orgánica hacia el agua residual. Por tal razón, se escogió al valor promedio como el mas representativo, y al que utilizaremos para diseñar nuestro sistema de tratamiento.

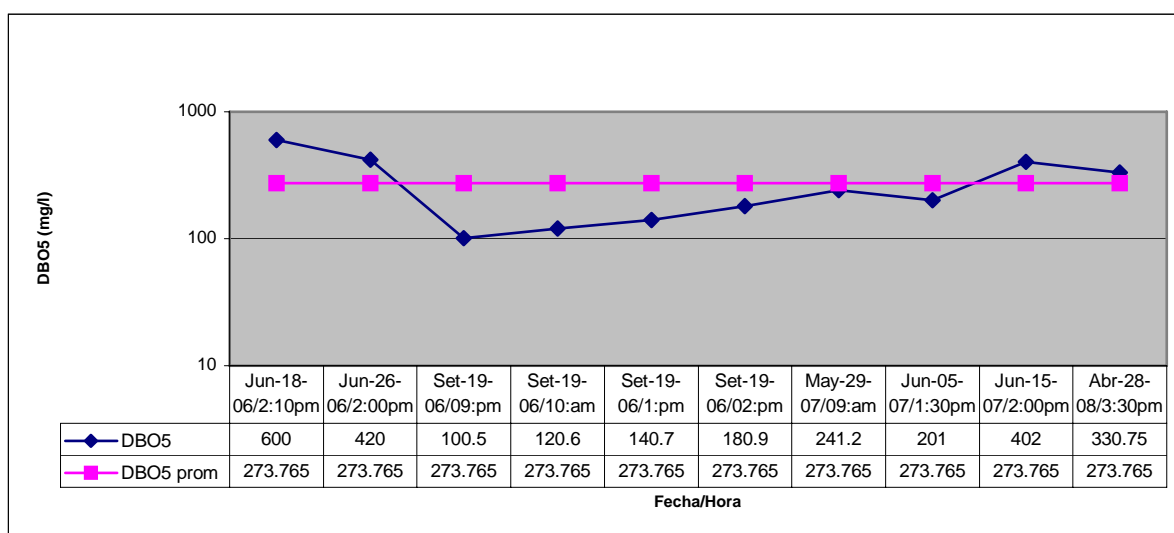


Figura 11.3 Comportamiento de coliformes fecales en el agua residual

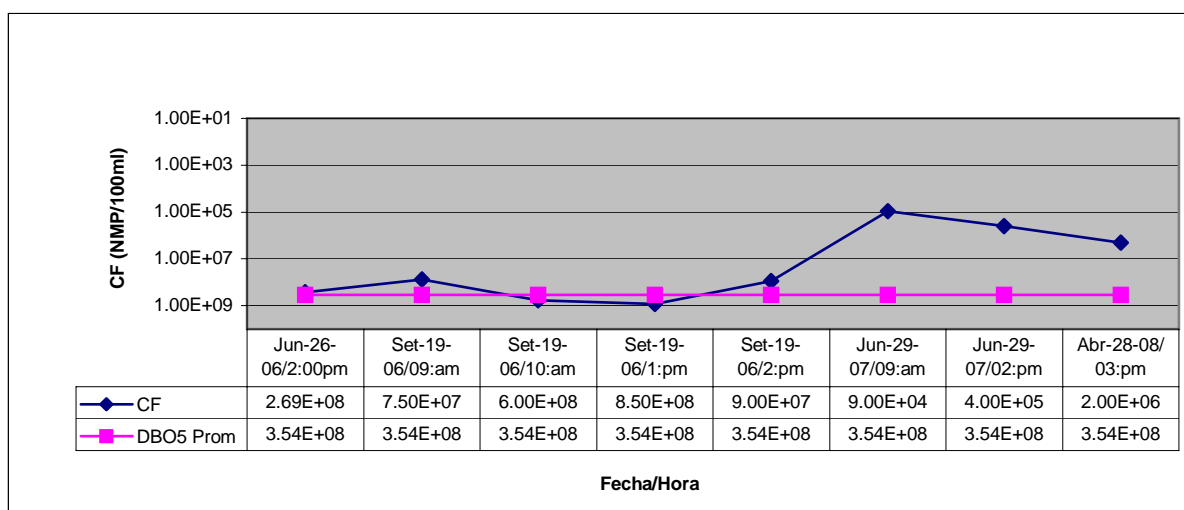


Figura 11.4 comportamiento del DBO₅ en el agua residual

11.4 Determinación de los caudales de diseño

En la figura 11.5 Se observa el consumo de agua mensual de la ciudad universitaria durante todo el año 2006 y parte del 2007. A partir del grafico determinaremos los caudales de diseño de la planta de tratamiento de agua proyectada.

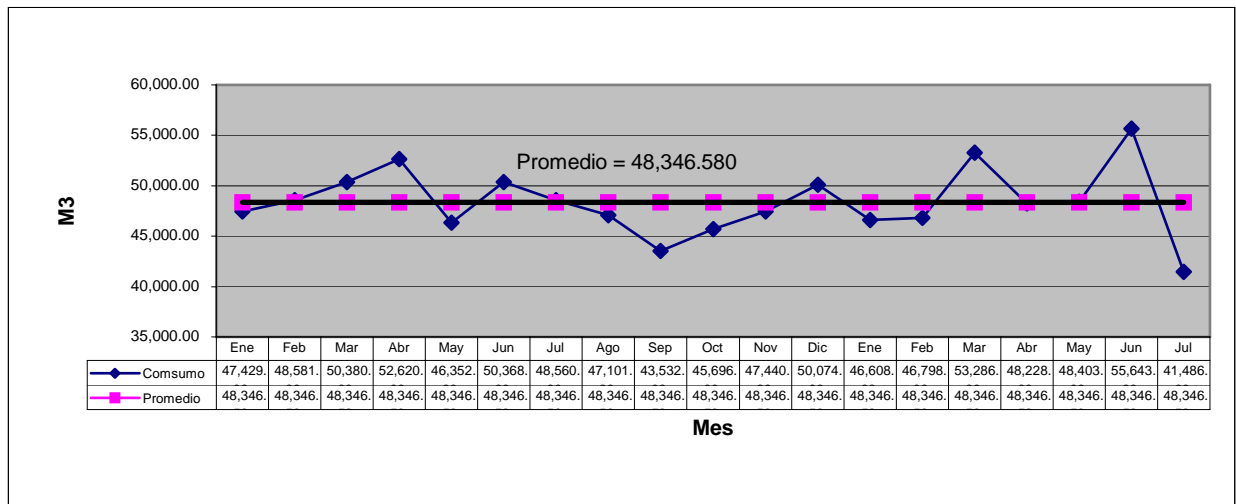


Figura 11.5 Consumo de agua 2006-2007

Fuente: Oficina de mantenimiento

De la figura 11.4, se observa que el caudal promedio total (Q_{prompt}) asciende a $48,346.580 \text{ m}^3/\text{mes}$.

$$Q_{\text{prompt}} (\text{m}^3/\text{día}) = Q_{\text{prompt}} (\text{m}^3/\text{mes}) / 30 \text{ días} = 1,611.552 \text{ m}^3/\text{día}$$

Caudal promedio unitario (Q_{puni})

Datos:

a) Población total (P_{obt}) : $P_{\text{obt}} = 27,588$ habitantes. (figura 7.1)

b) Caudal promedio total: $Q_{\text{prompt}} = 1,611.552 \text{ m}^3/\text{día}$

Calculo:

$$Q_{\text{punit}} = Q_{\text{prompt}} / P_{\text{obt}} = 0.0584 \text{ m}^3 / \text{día} / \text{hab.}$$

Variación de Consumo

Los coeficientes de variación de consumo referidos al promedio diario anual de las demandas de agua potables corresponderán a:

- Máximo Diario..... $K_1 = 1.3$
- Máximo Horario..... $K_2 = 2.0$
- Mínima Demanda..... $K_3 = 0.5$

Caudales de Diseño

Acorde con la población de diseño, consumo promedio y contribución al sistema de alcantarillado seleccionado, se procederá a determinar los caudales de diseño.

Caudal de Diseño: Red de alcantarillado seleccionada

Datos:

- Población de diseño (ver grafico 10.1) (Pod) = 17,710 hab.
- Caudal promedio unitario total (Q_{punit}) = 0.0584 m³/dia/hab
- Contribución al sistema de alcantarillado (D) = 69%

Cálculos

- a) Caudal promedio: $Q_{prom} = Q_{punit} \cdot Pod \cdot D$
 $Q_{prom} = 714 \text{ m}^3/\text{día} \text{ } \leftrightarrow \text{ } 8.300 \text{ l/seg.}$
- b) Caudal Máximo Horario: $Q_{mxh} = Q_{prom} \cdot K_2$
 $Q_{mxh} = 1428 \text{ m}^3/\text{día} \text{ } \leftrightarrow \text{ } 16.530 \text{ l/seg.}$
- c) Caudal Mínimo de desagüe : $Q_{min} = Q_{prom} \cdot K_3$
 $Q_{min} = 357.000 \text{ m}^3/\text{día} \text{ } \leftrightarrow \text{ } 4.130 \text{ l/seg.}$

11.5 Diseño de la Alternativa N°1

11.5.1 Diseño del sistema de PRE tratamiento

a.-Diseño de cámaras de rejas medias antes del desarenador

1. Determinación de la eficiencia de barra “E”

$$\begin{array}{ll} e = \text{espesor de barra} < 5-15 > & e = 6.25 \text{ mm} \\ s = \text{separación entre barras} < 25- 50 > & s = 25 \text{ mm} \\ a = \text{ancho de barra} < 30-75 > & a = 30 \text{ mm} \end{array}$$

Los valores de e,s,a se escogieron según a la Norma Técnica de edificación S.010. (NT. S.010)

$$E = s / (s + e) = 25 / (25 + 6.250) = 0.800$$

2. Determinación del numero de barras “N”

Para un ancho de canal(B) de 1.00 m

$$N = (B-s) / (s + a)$$

$$N = (1000 \text{ mm} - 25 \text{ mm}) / (25 \text{ mm} + 30 \text{ mm}) = 18 \text{ Barras}$$

3. Área útil de rejas A_{ur}

Para una velocidad entre rejas (V_r) de 0.6m/s (NT. S.010)

$$A_{ur} = Q_{mxh} / V_r = 0.0165 \text{ m}^3/\text{s} / 0.6\text{m/s} = 0.03 \text{ m}^2$$

4. Longitud mojada de rejas L_r

$$L_r = A_{ur} / B = 0.03 \text{ m}^2 / 1.0 \text{ m} = 0.03 \text{ m}$$

5. Altura mojada de rejas

$$h_r = L_r . \text{sen}(\alpha) = 0.03 . \text{sen}(45^\circ) = 0.02\text{m}$$

6. Velocidad de aproximación V_a ; $< 0.3-0.6 >$ (NT. S.010)

$$V_a = V_r . E = 0.6 \text{ m/s} . 0.80 = 0.48 \text{ m/s}$$

7. Cálculo de pérdida de carga con 50% de ensuciamiento

Velocidad con 50% de colmatación

$$V_b = 2.V_r = 2 \cdot 0.6 \text{ m/s} = 1.2 \text{ m/s}$$

$$H_f = (1.143 \cdot (V_b^2 + V_a^2)) / 2.g = 0.071 \text{ m}$$

b. -Diseño de la cámara desarenadora

Datos:

$$Q_{\text{prom}} = 0.0083 \text{ m}^3/\text{s}; Q_{\text{mxh}} = 0.01654 \text{ m}^3/\text{s}; Q_{\text{min}} = 0.00415$$

Tabla 11.2. Dimensionamiento del medidor Parshall

Ancho de garganta, W(m)	Q _{min}		Q _{mxh}	
	m ³ /s	m ³ /día	m ³ /s	m ³ /día
0.076	0.0008	69	0.0538	4,648
0.152	0.0015	130	0.1104	9,539
0.229	0.0025	216	0.2519	21,764
0.305	0.0031	268	0.4556	39,364

Fuente: Marais y Van Andel, 1996

1. Seleccionamos el ancho de la garganta de la canaleta Parshall. De la tabla 11.2. $W = 0.076 \text{ m}$

2. Calculamos la carga máxima en el canal desarenador

$$H_{\text{max}} = [Q_{\text{max}} / (2.2 \cdot W)]^{0.667} = 0.21 \text{ m}$$

3. Cálculo de R y C_r

$$R = Q_{\text{max}} / Q_{\text{min}} = 4; C_r = (R^{1/3} - 1) / R = 0.15$$

4. Calculamos el resalto Z

$$Z = C_r \cdot H_{\max} = 0.15 \cdot 0.21 = 0.03 \text{ m}$$

5. Calculo de la profundidad máxima de agua en el canal desarenador, P_{\max}

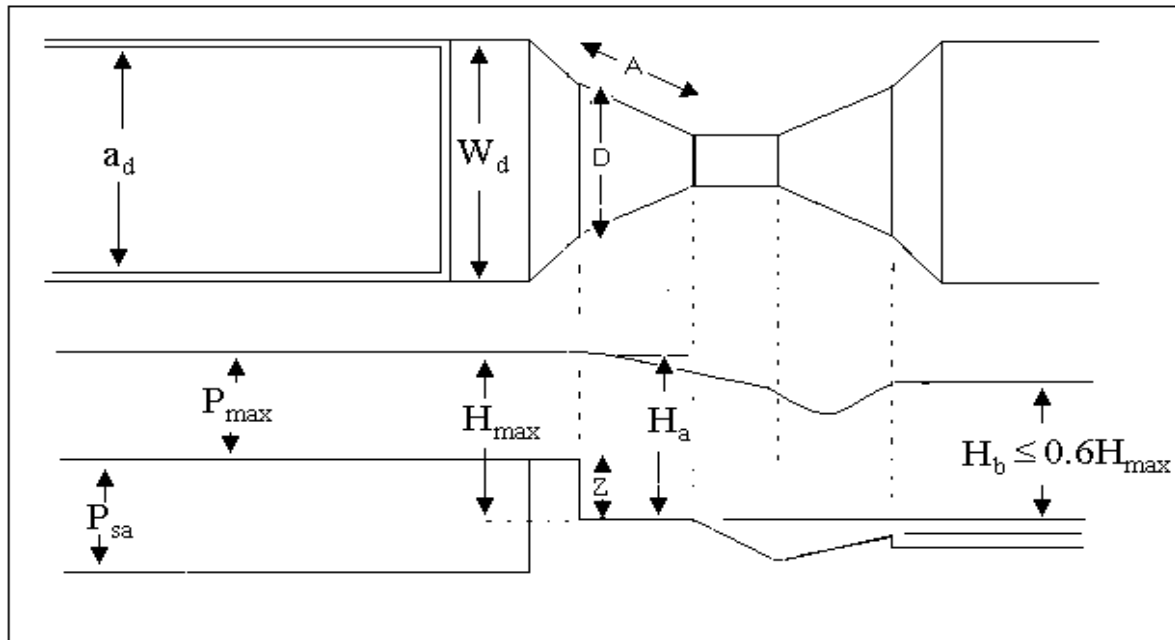


Figura 11.6 línea piezometrica-medidor Parshall

$$P_{\max} = H_{\max} - Z = 0.14 - 0.02 = 0.18 \text{ m.}$$

6. Calculamos el ancho del canal desarenador

$$a_d = Q_{\max} / (P_{\max} \cdot V_{\max}) = 0.01654 / (0.18 \cdot 0.3) = 0.3 \text{ m}$$

7. Determinamos el factor de C_v .

$$C_v = 2.6 \cdot C_r^{0.5} \cdot (1 - C_r) = 2.6 \cdot (0.15)^{0.5} \cdot (1 - 0.15) = 0.85$$

8. Escogemos el largo del canal desarenador

$$13.5 \leq L \leq 18.C_v \Rightarrow 13.5 \leq L \leq 15.5m \Rightarrow L = 14m.$$

9. Calculamos el volumen y la profundidad de sólidos arenosos acumulados. Sea el tiempo entre limpieza (t_{op} ,) 25 días y la carga de sólidos arenosos, C_{sa} es $0.03 \text{ m}^3 / 1000\text{m}^3$.

$$V_{sa} = t_{op} \cdot Q_{med} \cdot C_{sa} / (1000)$$

$$V_{sa} = \{ (25 \text{ dias}) \cdot (0.0083 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 886400 \text{ s/dia}) \cdot (0.03 \text{ m}^3 / 1000 \text{ m}^3) \} / 1000$$

$$V_{sa} = 0.54\text{m}^3$$

$$P_{sa} = V_{sa} / (a_d \cdot L) = 0.54 / (0.46 \cdot 14) = 0.08\text{m}. \text{ Para casos prácticos, Redondeamos } P_{sa} = 0.1 \text{ m}$$

10. Se diseña la cota del canal aguas debajo de la canaleta parshall para que la carga en el canal sea ≤ 0.60 de la carga en el desarenador (H_{max}), todas medidas con referencia a la base de canaleta parshall, para asegurar flujo libre en la canaleta parshall.

C.- Diseño de Rejas Finas al ingreso del desarenador

1. Determinación de la eficiencia de barra "E"

e = espesor de barra < 5-15 > ; e = 6.25

s = separación entre barras < 10 - 25 >; s = 15

$$E = s / (s + e) = 15 / (15 + 6.25) = 0.71$$

2. Determinación del numero de barras "N"

$$N = (B - s) / (s + a) = (300 \text{ mm} - 15 \text{ mm}) / (15 \text{ mm} + 30 \text{ mm})$$

N = 6.3 barras. Lo redondeamos a 7 barras

3. Área útil de rejás A_{ur}

$$A_{ur} = Q_{mxh} / V_r = 0.0165 \text{ m}^3/\text{s} / 0.6 \text{ m/s} = 0.03 \text{ m}^2$$

4. Longitud mojada de rejás L_r

$$L_r = A_{ur} / B = 0.03 \text{ m}^2 / 0.30 \text{ m} = 0.1 \text{ m}$$

5. Altura mojada de rejás h_r

$$h_r = L_r . \text{sen}(\alpha) = 0.1 . \text{sen}(45^\circ) = 0.07 \text{ m}$$

Velocidad de aproximación V_a ; < 0.3-0.6 >

$$V_a = V_r . E = 0.6 \text{ m/s} . 0.62 = 0.37 \text{ m/s}$$

6. Calculo de perdida de carga con 50% de ensuciamiento

Velocidad con 50% de colmatacion

$$V_b = 2 . V_r = 2 . 0.6 \text{ m/s} = 1.2 \text{ m/s}$$

$$H_f = (1.143 . (V_b^2 + V_a^2)) / 2 . g = 0.09 \text{ m}$$

Tabla 11.3 Dimensiones de medidores Parshall

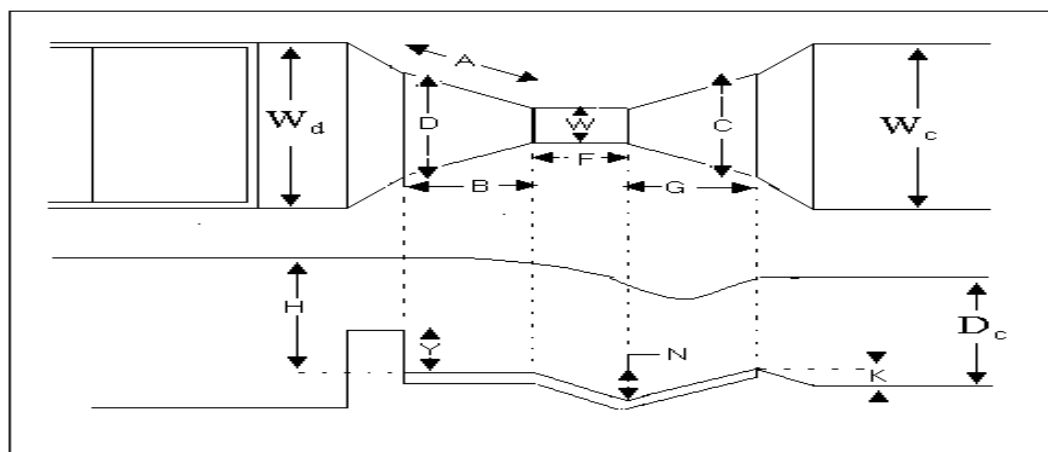
	w	A	B	C	D	E	F	G	K	N
1"	2.5	36.6	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	45.7	15.2	30.5	2.5	5.7
6"	15.2	61.0	61.0	39.4	40.3	61.0	30.5	61.0	7.6	11.4
9"	22.9	88.0	86.4	18.0	57.5	76.3	30.5	45.7	7.6	11.4
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1 1/2'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3'	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4'	122.0	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5'	152.5	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6'	183.0	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8'	244.0	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10'	305.0	274.5	427.0	366.0	475.9	122.0	61.0	183.0	15.3	34.3

Fuente: Acevedo Neto

D). diseño de la unidad de mezcla rápida canaleta ParshallDado Que $W = 76\text{mm}$.

Para el dimensionamiento de la canaleta Parshall tenemos que:

$A = 46.6\text{ cm}$, $B = 45.7\text{cm}$, $C = 17.8$, $D = 25.9\text{cm}$, $E = 45.7\text{cm}$,
 $F = 15.2\text{cm}$, $G = 30.5\text{cm}$, $K = 2.5\text{cm}$, $N=5.7\text{cm}$

**Figura 11.7 Dimensionamiento del medidor Parshall**

11.5.2 Diseño del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

Para orientar el diseño del reactor anaerobio de flujo ascendente se dan los siguientes datos importantes:

Caudal promedio..... $Q_{prom} = 29.8 \text{ m}^3/\text{hr}$
 Caudal máximo horario $Q_{mxh} = 59.6 \text{ m}^3/\text{hr}$
 Carga de DBO_5 $\text{DBO}_5 = 273.8 \text{ mg/l}$
 Coliformes fecales $N_0 = 3.54 \cdot 10^8 \text{ NMP/100ml}$

Zona : Reactor

Datos	Rango	Formular	Valor	Unidad
Velocidad Ascensional (V_{asc})	NT. S.010	En Base al Caudal Máximo Horario	1	$\text{m}^3/(\text{m}^2.\text{h})$
Area Superficial (A_s)		$A_s = Q_{mxh} / V_{asc}$	60	m^2
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	<6 -14> NT. S.010		7	horas
Volumen del Reactor (V_r)		$V_r = \text{TRH} \cdot Q_{prom}$	209	m^3
Altura del Reactor (H_r)	< 3-5 > NT. S.010	$H_r = V_r / A_s$	4.0	m
Carga Hidráulica Volumétrica (CHV)		$\text{CHV} = Q_{prom} / V_r$	3.4	$\text{m}^3/\text{m}^3/\text{día}$
Carga Hidráulica Superficial (CHS)		$\text{CHS} = Q_{prom} / A_s$	12.0	$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{día}$
Relación L/a	< 2-3 >	Para Agua Residual Domestica	2.5	
Ancho del Reactor (a)		$A = (A_s / (L/a))^{0.5}$	5	Con fines prácticos y de diseño lo dejamos en 5.3 m
Largo del reactor (L_r)		$L_r = (L/a) \cdot a$	12	m

Observación: NT. S.010, se refiere a la norma técnica de edificación S.010

Zona: Sedimentador

Datos	Rango	Formular	Valor	Unidad
Periodo de retención	<1.5-2>	Norma Técnica de Edificación S.010	2	horas
Borde libre (Hl)	0.2	Norma Técnica de Edificación S.010	0.20	m
Longitud del Sedimentador (Ls)			12	m
Carga Superficial (CSS)	< 1.2- 1.5>	Norma Técnica de Edificación S.010	1.5	m ³ /m ² /h
Área Total de Sedimentadores (Ats)		$Ats = Q_{mxh} / CSS$	48	m ²
Angulo de las Paredes del sedimentador con horizontal(°)	< 50 - 60 >	Norma Técnica de Edificación S.010	60°	Grados
Profundidad zona sedimentador(hs)		Norma Técnica de Edificación S.010	1.5	m
Ancho Superficial de un Sedimentador (as)		$as = 2 \cdot hs / \tan(60^\circ)$	2.0	m
Área de Cada Sedimentador (Acs)		$Acs = as \cdot Ls$	24.0	m ²
Nor. de Sedimentadores (Ns)		$Ns = Ats / Acs$	2	unidades
Ancho en la Base del Sedimentador (ab)	< 0.15-0.20>	Norma Técnica de Edificación S.010	0.2	m
Área Total en la Base del Sedimentador (Abs)		$Abs = Ls \cdot ab \cdot Ns$	5.0	m ²
Velocidad de paso en la Base del Sedimentador (Vpa)	Se recomienda 5m ³ /m ² /h (Norma S.010)	$Vpa = Q_{prom} / Abs$	6.0	m ³ /m ² /h
Altura desde la Punta Hasta la Base (alt)		$alt = (ab/2) \cdot \tan(60^\circ)$	0.2	m

DBO5 y Coliformes fecales en el efluente

Datos	Rango	Formular	Valor	Unidad
Eficiencia en la remoción de DBO ₅		$EDBO_5 = 100 \cdot [1 - 0.7 \cdot (TRH^{-0.5})]$	74	%
DBO ₅ en el efluente (S)		$S = S_0 - (EDBO_5 \cdot S_0 / 100)$	72	mg/l
Eficiencia en la remoción de coliformes fecales (Ecf)	Autores (van Haandel y Lettinga, 1994;		50	%
Coliformes fecales en el efluente (N)		$N = N_0 - (Ecf \cdot N_0 / 100)$	$1.77E^{+08}$	NMP/100ml

Sistema de distribución del afluente hacia el Rafa

Del la parte final del sistema de PRE-tratamiento, sale una tubería de PVC de 8 pulgadas de diámetro. Esta tubería conecta a una cámara repartidora, las que tienen dos vertederos triangulares, y dividen al caudal de ingreso en dos partes iguales (Á)(plano L -3). Los flujos son enviados, mediante dos tuberías de PVC de 6 pulgadas. Estas descargan en dos cámaras (B, C)(plano L-3) repartidoras, las que tienen 12 compartimientos con sus respectivas tuberías de distribución. Estas están diseñadas para repartir en forma equitativa el caudal afluente y provocar una mejor distribución de la masa de agua dentro del reactor.

Distribución 1: Tramo de tubería (8 pulgadas) que conecta a la cámara repartidora de caudales

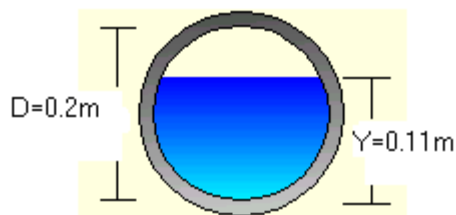
$$Q_{mhx} = 16.53 \text{ l/s}$$

$$\text{Diámetro de tubería (PVC)} = 8'' \leftrightarrow 0.2 \text{ m}$$

$$\text{Rugosidad (n)} = 0.01$$

$$\text{Pendiente (s)} = 0.004 \text{ m/m}$$

$$\text{Tirante Normal (Y)} = 0.11 \text{ m}$$

**Figura 11.8**

Distribución 2: Vertederos, que dividen el caudal en dos partes iguales

Se ha dimensionado la geometría del vertedero triangular a partir de la formula de Kindsvater

$$Q = C_e \cdot (8/15) \cdot \tan(\alpha/2) \cdot (2g)^{1/2} \cdot h^{5/2}$$

Donde

Q = Caudal para cada vertedero = 8.3 l/s

C_e = coeficiente de descarga = 0.58

α = ángulo del vertedero = 90°

Despejando el valor de h tenemos la siguiente ecuación:

$$h = (Q/1.4)^{0.4} = 13.0 \text{ cm}$$

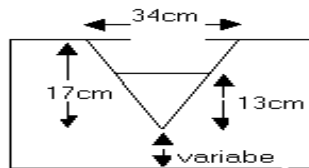


Figura 11.9

Distribución 3: Tuberías(6"), que reparten los caudales de los vertederos hacia dos cámaras repartidoras del Rafa

$Q_{max} = 8.3 \text{ l/s}$

Diámetro de tubería = 6" <> 0.15 m

Rugosidad (n) = 0.010

Pendiente (s) = 0.004

Tirante Normal (Y) = 0.09 m

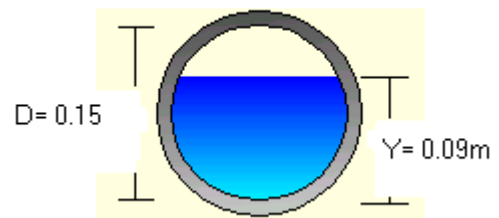


Figura 11.10

Diseño de tuberías de distribución dentro del reactor

El sistema de distribución cuenta con 2 cámaras repartidoras de caudales (B y C)(plano L-3), las cuales cada una cuenta con 12 compartimientos con sus respectivas tuberías.

Para el caso del tratamiento de agua residual domestica, la experiencia practica nos indica que el diámetro aproximado de la tubería es de 40mm a 50mm, con el propósito de aumentar la velocidad y generar una turbulencia en el flujo en el punto de entrada del reactor para remover los lodos depositados en el reactor. Para esos diámetros, las velocidades son usualmente superiores a 0.4m/s. Por lo tanto se asumirá un diámetro de 50mm para poder diseñar el reactor

Separador de gas liquido Sólido

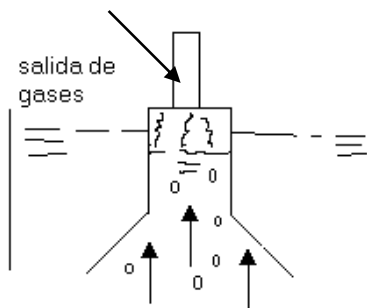


Figura 11.11

Este elemento es característico de los reactores UASB. En el se produce el proceso de sedimentación de los sólidos en suspensión y la separación del biogás. Los parámetros que definen su diseño son los siguientes:

- $V_{\text{ascension max.}} = 1\text{m/h}$
- Angulo de inclinación = 45°
- Recolección de Biogás es segura.

Para que la velocidad máxima sea del valor estipulado debe haber siempre un área libre mínima de 30 m^2 .

$$Q = 8.3 \text{ l/s} < 30 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_{\text{mínima}} = Q_{\text{compartimiento}} / V_{\text{maxima}} = 30 \text{ m}^3/\text{h} / 1 \text{ m/h} = 30 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{minima}} = L_{\text{compartimiento}} \cdot L_{\text{separador}} = 12 \text{ m} \cdot L_{\text{separador}} = 30 \text{ m}^2;$$

$$L_{\text{separador}} = 2.5 \text{ m}.$$

Sistema de recolección del efluente en el Rafa

Se ubican en la parte superior de los sedimentadores y consisten en dos canales laterales de sección triangular ubicadas en la parte interna del Rafa y dos canales laterales de sección rectangular ubicadas en la parte lateral del Rafa. Las aristas de las canaletas, donde se vierte el agua estarán dentadas de manera que tengan un vertedero de tipo triangular. La cantidad de vertederos y el caudal que pasa en cada vertedero se calcula de la siguiente manera:

$$(4 \text{ aristas}) \cdot (12 \text{ m}) \cdot (5 \text{ vertederos} / \text{m}) = 240 \text{ vertederos}$$

El caudal que debe verter cada vertedero es:

$$Q = Q_{\text{max}} / 240 = 16.54 / 240 = 0.069 \text{ l/s}$$

Se ha dimensionado la geometría del vertedero triangular a partir de la formula de Kindsvater

$$Q = C_e \cdot (8/15) \cdot \tan(\alpha/2) \cdot (2 \cdot g)^{1/2} \cdot h^{5/2}$$

Donde:

Q = caudal para cada vertedero 0.069 l/s

C_e = coeficiente de descarga = 0.58

α = ángulo del vertedero = 90° .

Despejando el valor de h tenemos la siguiente ecuación:

$$h = (Q / 1.4)^{0.4} = 2.0 \text{ cm}$$

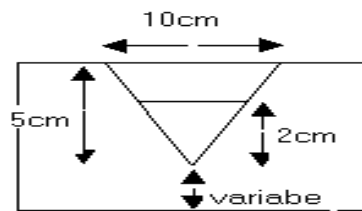


Figura 11.12

Sistema de salida de agua tratada hacia la laguna secundaria

El desagüe de las cuatro canaletas del reactor desemboca en un canal y mediante una tubería de 8" ubicada en la zona intermedia del canal, el efluente sale del reactor hacia un repartidor de caudal, dividiendo el caudal en tres partes. De este repartidor salen tres tuberías de PVC de 6" que alimentan posteriormente la laguna secundaria.

Diseño de cada vertedero

Se ha dimensionado la geometría del vertedero triangular a partir de la fórmula de Kindsvater

$$Q = C_e \cdot (8/15) \cdot \tan(\alpha/2) \cdot (2 \cdot g)^{1/2} \cdot h^{5/2}$$

Donde:

Q = caudal para cada vertedero 16.54 l/s

C_e = coeficiente de descarga = 0.58

α = ángulo del vertedero = 90°.

Despejando el valor de h tenemos la siguiente ecuación:

$$h = (Q/1.4)^{0.4} = 17.0 \text{ cm}$$

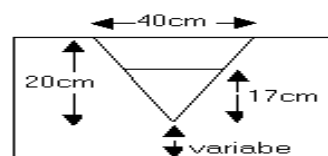


Figura 11.13

11.5.3 Diseño de las lagunas facultativas

Se asume que el propósito en orden de prioridad es la remoción de patógenos, principalmente huevos de helmitos y coliformes fecales con el objetivo de cumplir los límites de la ley general de aguas para la clasificación tipo III. Se diseña una batería de lagunas facultativas.

Laguna Secundaria

Parámetro	Formula	Valor	Unidad
Caudal promedio de diseño (Q_{prom})		714	m ³ /día
Caudal máximo horario (Q_{mxh})		1428	m ³ /día
DBO ₅ afluente (S_0)	Tabla 11.1	72	mg/L
Coliformes fecales afluentes (N_0)	Tabla 11.1	1.77E+08	NMP/100ml
Carga superficial aplicada (C)	$C = Q_{prom} * DBO_5 / 1000$	51.5	KgDBO ₅ /día
Dimensiones de laguna			
Temperatura media ambiental del mes mas frío del año ($T^{\circ}a$)	Fuente: Senami	13.0	°C
Temperatura de agua del mes mas frío ($T^{\circ}ag$)	$T^{\circ}ag = T^{\circ}a + 2^{\circ}C$	15.0	°C
Carga superficial de diseño (Csd)	$Csd = 250 * 1.05^{(T^{\circ}ag-20)}$	195.88	KgDBO ₅ /Ha.día
Area Superficial total (As)	$As = C / csd$	0.26	Ha
Relación Largo / Ancho (L/W) <2-3>	Norma Técnica de S.010	2	
Ancho (W)	$W = (As / (L / W))^{0.5}$	36	m
Largo (L)	$L = (W * (L / W))$	72	m
Profundidad (Z)		2	m
Volumen laguna secundaria (V_1)	$V_1 = L * W * Z$	5256	m ³
Determinación del caudal efluente (Q_e)			
Perdida por infiltración (P_{if})	Para lagunas Secundarias	0.017	cm/día
Perdida por evaporación (P_{ev})	Para lagunas Secundarias	0.2	cm/día
Calculo del caudal efluente (Q_e)	$Q_e = Q_{ua} - ((P_{ev} - P_{if}) / 100) * L * W$	710	m ³ /día

Parámetro	Formula	Valor	Unidad
Determinación coliformes fecales (Ne) y demanda biológica de oxígeno (S)			
Periodo de retención hidráulico teórico (PRH _{teo})	$PRH_{teo} = V_1 / Q_e$	7.4	Redondeamos a 8 días
Factor de Corrección Hidráulica (Fch)	Para lagunas Secundarias	0.7	
Periodo de retención hidráulica corregido (PR _{Hreal})	$PR_{Hreal} = PR_{Hteo} * Fch$	6	días
Tasa neta de mortalidad (Kb) a 20°C	Norma Técnica de Edificación S.010	0.904	1/día
Tasa neta de mortalidad a la temperatura del agua del mes mas frío Kb(T°ag)	$Kb(T°ag) = Kb(20°C) * 1.04^{(T°ag - 20)}$	0.743	
Tasa de desoxigenación KD(20°C)	Norma Técnica de Edificación S.010	0.17	1/día
Tasa de desoxigenación KD(T°ag)	$KD(T°ag) = KD(20°C) * 1.05^{(T°ag - 20)}$	0.113	1/día
Factor de dispersión (d)	$d = \frac{(1.158 * [PRH_{real} * (W + 2 * Z)]^{0.489} * W^{1.511})}{[T°ag + 42.5]^{0.734} * [(L * Z)^{1.489}]}$	0.11	
Factor adimensional (ac) coliformes fecales	$ac = (1 + 4 * PR_{Hreal} * d * Kb(T°ag))^{0.5}$	1.7	
Factor adimensional (ad) DBO ₅	$ad = (1 + 4 * PR_{Hreal} * d * KD(T°ag))^{0.5}$	1.17	
Concentración de coliformes Fecales en el efluente (N _e)	$N_e = [N_0 * 4 * ac * e^{(1/2d)}] / [((1+ac)^2 * e^{(ac/(2 * d))}) - ((1-ac)^2 * e^{((-ac)/(2 * d))})]$	7.6E+06	NMP/100ml
Eficiencia parcial de remoción coliformes	$E = [(N_0 - N_e) / N_0] * 100\%$	96	%
DBO ₅ efluente	$S = [S_0 * 4 * ad * e^{(1/2d)}] / [((1+d)^2 * e^{(ad/(2 * d))}) - ((1-ad)^2 * e^{((-ad)/(2 * d))})]$	33.1	mg/l
Eficiencia parcial de remoción de DBO ₅	$E = [(S_0 - S) / S_0] * 100\%$	54	%

Laguna terciaria

Parámetro	Formula	Valor	Unidad
Caudal promedio de diseño (Q_{prom})		710	m ³ /día
DBO ₅ afluente (S_0)		33.1	mg/L
Coliformes fecales afluente (N_0)		7.60E+06	NMP/100ml
Dimensiones de Laguna			
tiempo de retención Hidráulico teórico(PR_{Hteo})	$PR_{Hteo} \geq 10$ días	14.0	días
Volumen para laguna (V_2)	$V_2 = Q_{promd} * PR_{Hteo}$	9940.0	m ³
Area Superficial (As)	$As = V/Z$	4970.0	m ²
Relación Largo / Ancho (L/W) <2-3>	Norma Técnica de Edificación S.010	2	
Ancho (W)	$W = (As / (L/W))^{0.5}$	50	m
Largo (L)	$L = (W * (L/W))$	100	m
Profundidad (Z)		2	m
Determinación del caudal efluente (Q_e)			
Perdida por infiltración (P_{if})	Para lagunas terciarias	0.017	cm/día
Perdida por evaporación (P_{ev})	Para lagunas terciarias	0.2	cm/día
Calculo del caudal efluente (Q_e)	$Q_e = Q_{ua} - ((P_{if} + P_{ev}) / 100) * L * W$	701	m ³ /día
Determinación coliformes fecales (N_e) y demanda biológica de oxígeno (S)			
Factor de Corrección Hidráulica (F_{ch})	Para lagunas terciarias	0.7	
Tiempo de retención hidráulica real (PR_{Hreal})	$PR_{Hreal} = PR_{Hteo} * F_{ch}$	10	días
Temperatura media ambiental en el mes mas frío del año ($T^{\circ}a$)	Fuente: Senami	13.0	°C
Temperatura de agua del mes mas frío ($T^{\circ}ag$)	$T^{\circ}ag = T^{\circ}a + 2^{\circ}C$	15.0	°C
Tasa neta de mortalidad (K_b) a 20°C	Norma Técnica de Edificación S.010	0.904	1/día
Tasa neta de mortalidad a la temperatura del agua del mes mas frío $K_b(T^{\circ}ag)$	$K_b(T^{\circ}ag) = K_b(20^{\circ}C) * 1.04^{(T^{\circ}ag - 20)}$	0.743	
Tasa de desoxigenación $KD(20^{\circ}C)$	Norma Técnica de Edificación S.010	0.17	1/día
Tasa de desoxigenación $KD(T^{\circ}ag)$	$KD(T^{\circ}ag) = KD(20^{\circ}C) * 1.05^{(T^{\circ}ag - 20)}$	0.113	1/día
Factor de dispersión (d)	$d = \frac{(1.158 * \{PR_{Hreal} * (W + 2 * Z)\}^{0.489}) * W^{1.511}}{[T^{\circ}ag + 42.5]^{0.734} * [(L * Z)^{1.489}]}$	0.18	
Factor adimensional (ac) coliformes fecales	$Ac = (1 + 4 * PR_{Hreal} * d * K_b(T^{\circ}ag))^{0.5}$	2.5	
Factor adimensional (ad) DBO ₅	$ad = (1 + 4 * PR_{Hreal} * d * KD(T^{\circ}ag))^{0.5}$	1.333	
Concentración de coliformes Fecales en el efluente (N_e)	$N_e = [N_0 * 4 * ac * e^{(1/2d)}] / [((1+ac)^2 * e^{(ac/(2*d))}) - ((1-ac)^2 * e^{(-ac)/(2*d)})]$	9.4E+04	NMP/100ml
Eficiencia parcial de remoción coliformes	$E = [(N_0 - N_e) / N_0] * 100\%$	99	%
DBO ₅ efluente	$S = [S_0 * 4 * ad * e^{(1/2d)}] / [((1+d)^2 * e^{(ad/(2*d))}) - ((1-ad)^2 * e^{(-ad)/(2*d)})]$	12.5	mg/l
Eficiencia parcial de remoción de DBO ₅	$E = [(S_0 - S) / S_0] * 100\%$	62	%

Laguna de acabado

Parámetro	Formula	Valor	Unidad
Caudal promedio (Q_{prom})		701	m ³ /día
DBO ₅ afluente (S_0)		12.50	mg/L
Coliformes fecales afluente (N_0)		9.4E+04	NMP/100ml
Dimensiones de Laguna			
tiempo de retención Hidráulico teórico(PR_{Hteo})	$PR_{Hteo} \geq 10$ días	14.0	días
Volumen para laguna (V_3)	$V_3 = Q_{prom} * PR_{Hteo}$	9814	m ³
Area Superficial (As)	$As = V / Z$	4907	m ²
Relación Largo / Ancho (L / W) <2-3>	Norma Técnica de Edificación S.010	2	
Ancho (W)	$W = (As / (L / W))^{0.5}$	50	m
Largo (L)	$L = (W * (L / W))$	99	m
Profundidad (Z)		2	m
Determinación del caudal efluente (Q_e)			
Perdida por infiltración (P_{if})	Para lagunas de acabado	0.017	cm/día
Perdida por evaporación (pev)	Para lagunas de acabado	0.200	cm/día
Calculo del caudal efluente (Q_e)	$Q_e = Q_{ua} - (P_{if} + P_{ev}) / 100 * L * W$	692	m ³ /día
Determinación coliformes fecales (N_e) y demanda biológica de oxígeno (S)			
Factor de Corrección Hidráulica (F_{ch})	Para lagunas de acabado	0.7	
Tiempo de retención hidráulica real (PR_{Hreal})	$PR_{Hreal} = PR_{Hteo} * F_{ch}$	10	
Temperatura media ambiental en el mes mas frío del año (T^a)	Fuente: Senami	13	°C
Temperatura de agua del mes mas frío (T^ag)	$T^ag = T^a + 2^{\circ}C$	15	°C
Tasa neta de mortalidad (K_b) a 20°C	Norma Técnica de Edificación S.010	0.904	1/día
Tasa neta de mortalidad a la temperatura del agua del mes mas frío $K_b(T^ag)$	$K_b(T^ag) = K_b(20^{\circ}C) * 1.04^{(T^ag - 20)}$	0.743	
Tasa de desoxigenación $KD(20^{\circ}C)$		0.170	1/día
Tasa de desoxigenación $KD(T^ag)$	$KD(T^ag) = KD(20^{\circ}C) * 1.05^{(T^ag - 20)}$	0.113	1/día
Factor de dispersión (d)	$d = \frac{1.158 * \{ [PR_{Hreal} * (W + 2 * Z)]^{0.489} \} * W^{1.511}}{[T^ag + 42.5]^{0.734} * [(L * Z)^{1.489}]}$	0.17	
Factor adimensional (ac) coliformes fecales	$ac = (1 + 4 * PR_{Hreal} * d * K_b(T^ag))^{0.5}$	2.50	
Factor adimensional (ad) DBO ₅	$ad = (1 + 4 * PR_{Hreal} * d * KD(T^ag))^{0.5}$	1.332	
Concentración de coliformes Fecales en el efluente (N_e)	$N_e = [N_0 * 4 * ac * e^{(1/2d)}] / [((1+ac)^2 * e^{(ac/(2*d))}) - ((1 - ac)^2 * e^{((-ac) / (2 * d))})]$	1.0E+03	NMP/100ml
Eficiencia parcial de remoción coliformes	$E = [(N_0 - N_e) / N_0] * 100\%$	99	%
DBO ₅ efluente	$S = [S_0 * 4 * ad * e^{(1/2d)}] / [((1+d)^2 * e^{(ad/(2*d))}) - ((1 - ad)^2 * e^{((-ad) / (2 * d))})]$	4.7	mg/l
Eficiencia parcial de remoción de DBO ₅	$E = [(S_0 - S) / S_0] * 100\%$	62	%

11.6 Diseño de la alternativa N°2

11.6.1 Diseño del reactor con aireación extendida

Datos Disponibles:

Caudal medio del agua residual (Q).....714m³/día
 Caudal máximo horario (Q_{mh}).....1428 m³/día
 Materia orgánica entrante (S_0).....273.8 mg DBO₅/l
 Carga orgánica aplicada.....196.35 Kg DBO₅/día
 Eficiencia de remoción del DBO₅ = 95% (Norma técnica S.010)
 $DBO_5 (S_e) = 273.8 \cdot (1 - 0.95) = 13.69 \text{ mg DBO}_5 / l$

Tabla 11.4 Parámetros Seleccionados

Parámetro	Intervalo	Valor	Unidad
Y	0.4 - 0.8	0.7	KgSSVLM / KgDBO ₅
K_d	0.025 - 0.075	0.04	1/día
θ_c	20 - 30	25	días
X_t	3,000 – 6,000	3,000	mg /l
Q_r / Q	0.5 - 1.5	1	

1. El rango de parámetros se encuentra estipulado en la norma técnica peruana S.010
2. Los valores seleccionados se escogieron basándose en la Norma técnica peruana y al desempeño de varias plantas de tratamiento de aguas domesticas.

Donde:

Y : Coeficiente de producción

K_d : Coeficiente de respiración o de decaimiento de primer orden

θ_c : Tiempo de residencia de los microorganismos

X_t : Concentración de sólido suspendidos volátiles en el reactor

Q_r / Q : Relación de recirculación.

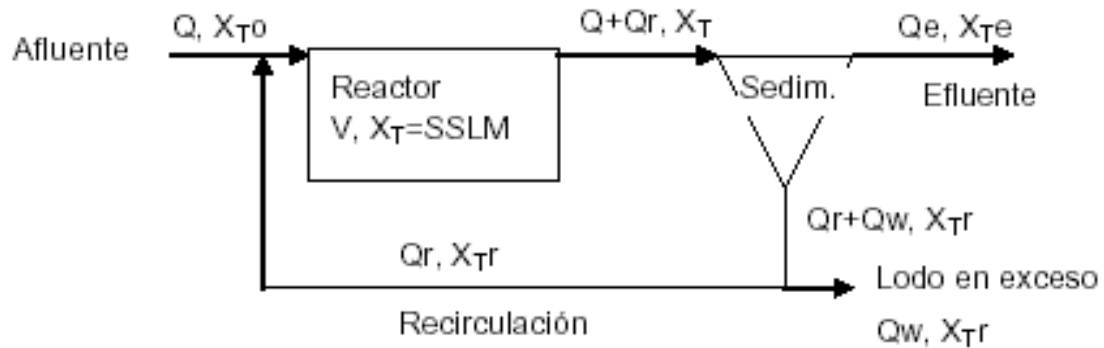


Figura 11.14 Proceso propuesto

a.- Cálculo del volumen

Remplazando los valores de la tabla tenemos

$$V = \frac{\theta_c Q y (S_o - S_e)}{x(1 + k_d \theta_c)}$$

$$V = 542.4 \text{ m}^3$$

b.- Tiempo de retención hidráulico (TRH)

$$TRH = V / Q = 18 \text{ horas}$$

Norma técnica Peruana, TRH < 16 – 48 horas >

c.- Determinación de las dimensiones del estanque de aireación

Para una altura del reactor $H = 5$ m (propuesto)
y relación largo / ancho ($L / a = 3$)

$$A_{sup} = V / H = 108.49 \text{ m}^2$$

Entonces tenemos que, $a = 6$ m y $L = 18$ m

d.- Relación: alimento / microorganismo (F / M)

$$F / M = S_0 / X_t \cdot V = 0.2 \text{ KgDBO5 / KgssvLM.día}$$

e.- Determinación de la producción observada (Y_{Obs})

$$Y_{Obs} = Y / (1 + K_d \cdot \theta_c)$$

$$Y_{Obs} = 0.35$$

f.- Producción de la producción de lodos P_x

$$P_x = \frac{Y_{obs} Q(S_o - S_e)}{10^3}$$

$$P_x = 65 \text{ Kg / día}$$

g.-Concentración de sólidos suspendidos volátiles (SSV) en la recirculación (X_r)

$$Q_r / Q = 1, \text{ entonces } Q_r = Q$$

$$X_r = X \cdot (Q_r + Q) / Q_r = 6,000 \text{ mg/l}$$

h.- Caudal del lodo de purga en la recirculación (Q_w)

$$Q_w = V.X / X_r . \theta_c = 11 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

i.- Determinación del consumo de oxígeno ($\text{Kg O}_2 / \text{ día}$)

$$\text{Kg O}_2 / \text{ día} = Q_{mh} . (S_0 - S_e) / F . 10^3 \text{ g / kg} - 1.42 . P_x$$

$$F = 0.7$$

Reemplazando valores obtenemos

$$\text{Kg O}_2 / \text{ día} = 439 \text{ kg / día}$$

j.- Determinación del consumo de oxígeno/ hp.día (N)

$$N = N_o . [(\beta . C_{WALT} - C_L) / C_{S20^\circ C}] . 1.024^{(T-20)} . \alpha$$

$$\begin{aligned} N_o &= \text{Requisitos de oxígeno en condiciones estándares} \\ &= 1.5 \text{ kgO}_2 / \text{hp.hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{WALT} &= \text{Concentración de saturación de oxígeno} \\ &\text{en condiciones de campo} = 8.29 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$C_L = \text{Nivel de oxígeno en el tanque de aireación} = 2 \text{ mg/l}$$

$$\begin{aligned} C_{S20^\circ C} &= \text{Concentración de saturación de oxígeno en condiciones} \\ &\text{al nivel del mar} = 9.08 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\alpha = \text{Factor de corrección que relaciona los coeficientes de transferencia de oxígeno} = 0.9.$$

$$\beta = \text{Factor de corrección que relaciona los coeficientes de transferencia de oxígeno} = 0.95$$

$$T = 21.8^\circ \text{C}$$

$$\text{Entonces } N = 0.912 \text{ kgO}_2 / \text{hp.hr} \leftrightarrow 22 \text{ kgO}_2 / \text{hp. día}$$

h.- Potencia requerida (P_{req})

$$P_{req} = \text{Demanda de oxígeno} / \text{consumo de oxígeno/hp.día (N)}$$

$$P_{req} = 439 \text{ kgO}_2 / \text{día} / 22 \text{ kgO}_2 / \text{hp. día} = 20 \text{ hp}$$

11.6.2 Diseño del Tanque de ecualización

Aunque es esta la primera cámara que se encuentra en la planta propuesta, se calcula en función a la cámara de aireación, que como podemos apreciar en los cálculos es calculada primero por ser la más importante.

La cámara de ecualización, también llamada Digestor primario debe tener un volumen igual de la cámara de aireación, lo cual resulta muy práctico porque se considerara que no trabajara al 100% de su capacidad. Ello dará un margen para sobre picos y un mayor periodo de retención para facilitar la limpieza de la cámara de aireación y el mantenimiento de sus equipos.

11.6.3 Diseño del Sedimentador

a.- Determinación del área superficial del sedimentador (A_s)

$$A_s = (1 + R) \cdot Q_{mh} \cdot X_r \cdot 3.6 / (C_s \cdot 1000)$$

Relación de recirculación ($R = Q_r / Q_p$) = 1

Caudal máximo horario (Q_{mh}) = 16.53 l / s

Carga de sólidos $C_s = 3.5 \text{ Kg} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

Concentración de sólidos en la recirculación (X_r) = 6,000 SSV
mg / l

Entonces tenemos:

$$A_s = 203.27 \text{ m}^2$$

b.- Determinación del radio del sedimentador (R_s)

$$R_s = (A / \pi)^{0.5} = 8.1 \text{ m}; \text{ por lo tanto el diámetro } D = 16.2 \text{ m}$$

c.- Determinación de h_2

$$h_2 = \text{Tang} 5^\circ \cdot R_s = 0.7$$

d.- Determinación de h_1

Relación:

$$R_s / (h_1 + h_2) = 3 \text{ (relación geométrica)}$$

Despejando tenemos: $h_1 = 2 \text{ m}$

e.- Volumen del sedimentador

$$V = [\pi \cdot R_s^2 \cdot h_1 + (h_2 \cdot \pi \cdot R_s^2 / 3)] = 477 \text{ m}^3$$

11.6.4 Diseño de la cámara de contacto con cloro

a.- Consideraciones de diseño:

Caudal medio (Q)..... 0.496 m³ / min.

Tiempo de retención (t).....15 a 30 min.

Dosis empleada.....10 mg / l

Altura Propuesta (h).....1.0 m

b.- Cálculo del volumen teórico

$$V = Q \cdot t = 0.497 \text{ m}^3 / \text{min} \cdot 25 \text{ min} = 12.40 \text{ m}^3$$

c.- Con la altura propuesta se determina el área

$$A = V / h = 12.40 \text{ m}^2$$

Considerando una relación de $L/a = 2$, tenemos lo siguiente

$$L = 5\text{m}; \quad a = 2.5 \text{ m}$$

11.6.5 Diseño del lecho de secado

a.- Datos disponibles

Producidos de lodos (P_x) = 65.1 Kg SS / día

Tasa de aplicación (T_s) = 100 Kg SS / m² . año,

por norma $T_s < 60 - 100$

Relación largo / ancho (L/a) = 2

e.- Área del lecho de secado

$$A_L = P_x \cdot T_s = 238 \text{ m}^2$$

$$L = 22; \quad a = 11$$

CAPITULO XII

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

12.1 Costos de construcción

El presupuesto de las alternativas, como todo presupuesto de obra fue determinado bajo los siguientes parámetros:

- Partidas involucradas
- Metrado de cada partida
- Costos unitarios de cada partida
- Porcentajes de gastos generales
- El impuestos general a las vetas (I.G.V.)

De las 2 alternativas de construcción, la primera contempla reactor RAFA y lagunas facultativas con revestimiento con manta geotextil, mientras que la segunda alternativa contempla estanque ecualizador, reactor de lodos activados, Sedimentador secundario, cámara de contacto con cloro.

En la segunda alternativa se obtuvo un costo menor en la cual el monto total de la obra asciende a: \$/. 100,622 incluidos los gastos generales y el I.G.V.

Tabla 12.1. Presupuesto alternativa I

Cod. Iten	Descripción	Umed.	Qtd.	Costo Unitario(US\$)	Total(US\$)
	PTAR UNMSM				275,051.59
1	Obras preliminares				12,392.98
1.01	Trazo replanteo	Mes	6.000	884.450	5,306.70
1.02	Movilización y desmovilización de equipos	GLB	1.000	208.280	208.28
1.03	Caseta para guardiana Y/O deposito	GLB	1.000	1,258.30	1,258.30
1.04	SSHH-obreros	M2	5.000	18.300	91.50
1.05	Oficina y almacén de obra	M2	30.000	175.940	5,278.20
1.06	Cartel de obra	M2	6.250	40.000	250.00
2	Pretratamiento				5,064.57
2.1	Movimiento de tierras				58.78
2.1.1	Nivelación y compactación de solado	M2	31.100	1.890	58.78
2.2	Concreto simple				604.06
2.2.1	Solado $f_c = 100\text{kg/cm}^2$ Tipo V $e = 0.1$	M3	12.120	49.840	604.06
2.3	Obras de arte de concreto armado				4,401.73
2.3.1	Concreto losa de cimentación $f_c = 210\text{Kg/cm}^2$	M3	12.120	62.350	755.71
2.3.2	Encofrado y desencofrado de losa de cimentación	M2	16.870	7.320	123.49
2.3.3	Acero de losa de cimentación grado 60	Kg	364.700	0.803	292.98
2.3.4	Concreto en muros reforzados $f_c = 210\text{Kg/cm}^2$	M3	20.390	62.350	1,271.32
2.3.5	Encofrado y desencofrado muros reforzados	M2	118.812	7.320	869.70
2.3.6	Acero en muros reforzados grado 60	Kg	417.320	0.823	343.59
2.3.7	Tarrajeo impermeabilizante en muros	M2	66.600	3.593	239.32
2.3.8	Tarrajeo en exteriores	M2	49.520	2.893	143.28
2.3.9	Tarrajeo impermeabilizante de losa de fondo	M2	25.700	3.593	92.35
2.3.10	Rejilla metálica inclinada	und	1.000	56.667	56.67
2.3.11	Rejas metálicas (cámara de rejas)	und	2.000	40.000	80.00
2.3.12	Compuerta de plancha metálica	und	2.000	66.667	133.33

Cod. Iten	Descripción	Umed.	Qtd.	Costo Unitario(US\$)	Total(US\$)
3	Reactor UASB				20,155.93
3.1	Movimiento de tierras				401.12
3.1.1	Excavación	M3	209.000	1.480	309.32
3.1.2	Velación y compactación para solado	M2	60.000	1.530	91.80
3.2	Concreto simple				1,277.10
3.2.1	Solado $f_c=100\text{kg/cm}^2$ tipo V $e=0.1\text{m}$	M3	6.000	49.840	299.
3.2.2	Encofrado y desencofrado	M2	8.400	7.320	61.49
3.2.3	Concreto $f_c = 140\text{kg/cm}^2$ tipo V	M3	14.700	62.350	916.55
3.3	Concreto Armado				18477.70
3.3.1	Losa de fondo				3095.68
3.3.1.1	Acero	Kg	1,176.00	0.960	1,128.96
3.3.1.2	Encofrado y desencofrado	M2	8.400	10.130	85.10
3.3.1.3	Concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ tipo V	M3	14.700	88.040	1,294.19
3.3.1.4	Junta Water stop 4pulg	MI	44.000	1.760	77.44
3.3.1.5	Recubrimiento epoxico	M2	60.000	8.500	510
3.3.2	Placas				13,590.20
3.3.2.1	Acero	Kg	4,000.00	0.960	3,840.00
3.3.2.2	Encofrado y desencofrado	M2	340.000	10.130	3,444.20
3.3.2.3	Concreto $f_c = 210\text{kg/cm}^2$ tipo V	M3	50.000	88.040	4,402.00
3.3.2.4	Recubrimiento epoxico	M2	224.000	8.500	1,904.00
3.3.3	Vigas				903.86
3.3.3.1	Acero	Kg	80.000	0.960	76.80
3.3.3.2	Encofrado y desencofrado	M2	60.000	7.320	439.20
3.3.3.3	Concreto $f_c = 210\text{kg/cm}^2$ tipo V	M3	4.000	88.040	352.16
3.3.3.4	Recubrimiento epoxico	M2	4.200	8.500	35.70
3.3.3.5	Tuberías				888
3.3.3.6	Suministro e instalación PVC D=2"	MI	120.000	5.000	600
3.3.3.7	Suministro e instalación PVC D=6"	MI	16.000	18.000	288

Cod. Iten	Descripción	Umed.	Qtd.	Costo Unitario(\$)	Total(\$)
4	Lagunas Facultativas				237,438.11
4.1	Movimiento de tierras				55,969.71
4.1.1	Excavación	M3	24,954.00	1.480	36,931.92
4.1.2	Nivelación y compactación interior de lagunas	M2	12,443.00	1.530	19,037.79
4.2	Impermeabilización				181,468.40
4.2.1	Losa de fondo				47,478.66
4.2.2	Suministro y colocación de geomembrana HDPE (1mm)	M2	9,378.50	3.500	32,824.75
4.2.3	Relleno material arcilloso compactado (Capas 5cm)	M3	468.925	31.250	14,653.91
4.3	Talud interior				130,178.25
4.3.1	Encofrado y desencofrado de talud	M2	244.130	10.130	2,473.04
4.3.2	Concreto Fc =175 kg/cm2 tipo V con fibras de polipropileno	M3	1,422.30	78.880	112,191.02
4.3.3	Suministro y colocación de geomembrana HDPE (1mm)	M2	3,064.50	3.500	10,725.75
4.3.4	Relleno material arcilloso compactado (Capas 5 cm)	M3	153.230	31.250	4,788.44
4.4	Obras de arte (tres lagunas)				2,713.50
4.4.1	Acero (tres lagunas)	Kg	1,000.00	0.960	960.
4.4.2	Encofrado y desencofrado	M2	50.000	10.130	506.50
4.4.3	Concreto Fc =140 kg/cm2 tipo V	M3	20.000	62.350	1,247
4.5	Tuberías				1,098
4.5.1	Suministro e instalación PVC D =6"	M	61.000	18.000	1,098
	Costo directo (US\$)				275,051.59
	Gastos generales (15%)				41257.74
	Sub-total (US\$)				316309.33
	IGV(19%)				60098.77
	Total presupuesto (US\$)				376408.10

Tabla 12.2. Presupuesto alternativa II

Cod. Item	Descripción	Umed	Qtd	Costo unitario(US\$)	Total(US\$)
	PTAR UNMSM				73,527
1	Obras preliminares				12392.98
2	Pretratamiento				5306.70
3	Estanque de aireación				18339.61
3.1	Movimiento de tierras				967.99
3.1.1	Excavación	M3	542.4	1.48	802.75
3.1.2	Nivelación y compactación para solado	M2	108	1.53	165.24
3.2	Concreto simple				860.11
3.2.1	Solado $f_c = 100\text{kg/cm}^2$ tipo V e = 0.1m	M3	16.2	49.84	807.41
3.2.2	Encofrado y desencofrado	M2	7.2	7.32	52.70
3.3	Concreto Armado				2363.18
3.3.1	Acero grado 60	Kg	900	0.96	864
3.3.2	Encofrado y desencofrado	M2	7.2	10.13	72.94
3.3.3	Concreto $f_c = 210\text{kg/cm}^2$ tipo V	M3	16.2	88.04	1426.25
3.4	Paredes				10048.32
3.4.1	Acero	Kg	1000	0.96	960
3.4.2	Encofrado y desencofrado	M2	480	10.13	4862.4
3.4.3	Concreto $f_c = 210\text{kg/cm}^2$ tipo V	M3	48	88.04	4225.92
3.5	Obras mecánicas				4000
3.5.1	Agitador		1	1,800	1800
3.5.2	Motores (10hp) + 2 paletas		2	800	1600
3.5.3	Instalación eléctrica		1	600	600
3.6	Tuberías de PVC	M	20	5	100
4	Estanque ecualizador				17247.61
4.1	Movimiento de tierras				968
4.1.1	Excavación	M3	542.4	1.48	802.75
4.1.2	Nivelación y compactación para solado	M2	108	1.53	165.24
4.2	Concreto simple				860.11
4.2.1	Solado $f_c = 100\text{kg/cm}^2$ tipo V e = 0.1m	M3	16.2	49.84	807.41
4.2.2	Encofrado y desencofrado	M2	7.2	7.32	52.70
4.3	Concreto Armado				2363.18
4.3.1	Acero grado 60	Kg.	900	0.96	864
4.3.2	Encofrado y desencofrado	M2	7.2	10.13	72.94

Cod.Iten	Descripción	Umed	Qtd	Costo unitario(US\$)	Total(US\$)
4.3.3	Concreto fc = 210kg/cm2 tipo V	M3	16.2	88.04	1426.25
4.4	Paredes				9856.32
4.4.1	Acero	Kg.	800	0.96	768
4.4.2	Encofrado y desencofrado	M2	480	10.13	4862.4
4.4.3	Concreto fc = 210kg/cm2 tipo V	M3	48	88.04	4225.92
4.5	Obras mecánicas				3200
4.5.1	Agitador		1	1,800	1800
4.5.2	Motores (10hp)		1	800	800
4.5.3	Instalación eléctrica		1	600	600
4.6	Tuberías de PVC	M	15	5	75
5	Sedimentador				13,713
5.1	Movimiento de tierras				1431
5.1.1	Excavación	M3	477	3	1431
5.2	Concreto armado				7126.85
5.2.1	Encofrado y desencofrado	M2	275	10.13	2785.75
5.2.2	Concreto fc = 210kg/cm2 tipo V	M3	27.5	88.04	2421.1
5.2.3	Acero	Kg.	2000	0.96	1920
5.3	Obras mecánicas				5,005
5.3.1	Uña saca lodo		1	2,000	2,001
5.3.2	Motores (20 hp)		1	1600	1,601
5.3.3	Motores (10 hp)		2	800	802
5.3.4	Instalación eléctrica		1	600	601
5.4	Tuberías de PVC	M	30	5	150
6	Cámara de contacto				4,260
6.1	Excavación	M3	12.41	2	24.82
6.2	Concreto armado				1717.34
6.2.1	Encofrado y desencofrado	M2	70	10.13	709.1
6.2.2	Concreto fc = 210kg/cm2 tipo V	M3	6	88.04	528.24
6.2.3	Acero	Kg.	500	0.96	480
6.3	Recubrimiento epoxico	M2	55	8.5	467.5
6.4	Sistema de dosificación de Hipoclorito de sodio		1	2,000	2000
6.5	Tuberías de PVC	M	15	5	75

Cod.Iten	Descripción	Umed	Qtd	Costo unitario	Total
7	Lecho de secado				2,27
7.1	Excavación	M3	181.5	2	363
7.2	Concreto armado				1729.64
7.2.1	Encofrado y desencofrado	M2	66	10.13	668.58
7.2.2	Concreto fc = 210kg/cm2 tipo V	M3	6.6	88.04	581
7.2.3	Acero	Kg.	500	0.96	480
7.3	Material filtrante	Kg.	1000	0.1	100
7.4	Tuberías de PVC	M	15	5	75
Costo directo (US\$)					73,527
Gastos generales (15%)					11029
Sub-total (US\$)					84,556
IGV(19%)					16,066
Total presupuesto (US\$)					100,622

Tabla 12.3: Comparación de alternativas

Proyecto :PTAR UNMSM	Alternativa 1	Alternativa 2
Descripción	Costo(US\$)	Costo(US\$)
Obras preliminares	12392.98	12392.98
Pretratamiento	5306.7	5306.7
Reactor RAFA	20155.93	-
Lagunas facultativas	237438.11	-
Ecualizador	-	17247.61
Estanque de aireación	-	18,339.61
Sedimentador	-	13,712.85
Cámara de contacto	-	4259.84
Lecho de secado	-	2267.64
Costo directo	275293.72	73,527.23
Gastos generales(15%)	41294	11029.10
Sub-total	316587.78	84,556.31
IGV(19%)	60151.67	16065.70
Total Presupuesto(US\$)	376,739	100,622

12.2 Costos de operación y mantenimiento para las 2 de alternativas

A continuación se brinda los costos de operación para la planta de tratamiento de agua residual proyectada

Tabla 12.4. Costos de operación y mantenimiento

Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	P.u (US\$)	Alternativa N°1	Alternativa N°2
					Costo total (US\$)	Costo total (US\$)
1.1	Ingeniero supervisor (1d/mes)	mes	12	150	1,800.00	1,800.00
1.2	Vigilante (3 personas 25d/mes turno día y noche)	mes	12	600	7,200.00	7,200.00
1.3	Operador encargado de mantenimiento permanente (3 personas 25d/mes)	mes	12	600	7,200.00	7,200.00
1.4	Encargado del control y funcionamiento (1persona 4 días/ mes)	mes	12	160	1,920.00	1,920.00
1.5	Encargado mantenimiento general (1d/mes)	mes	12	80	960	960
1.6	Encargado de Control de efluentes (ensayos)	Glb	1	960	960	960
2.1	Energía eléctrica para oficina	mes	12	18	216	216
2.2	Energía eléctrica para motores	mes	12	1558		18696
2.3	Teléfono	mes	12	20	240	240
2.4	Agua	mes	12	15	180	180
2.5	Herramientas y utensilios, otros	Glb	1	250	250	250
3.1	Insumos Químicos(hipoclorito de calcio)	mes	12	1000		12000
TOTAL COSTO ANUAL					21,226.00	51,622.00

CAPITULO XIII

DETERMINACIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO DE TESIS

El objetivo del estudio económico es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario, que sirve para la evaluación económica del proyecto. Para poder determinar la rentabilidad de cada alternativa utilizaremos formulas matemáticas. El principal método matemático es el valor presente neto (VPN) que nos determinara si el proyecto es factible o no. Para poder determinar el VPN, primero tenemos que calcular lo siguiente: Inversión inicial, egresos e ingresos, depreciación y flujos económicos netos.

13.1 Inversión inicial (P)

Es la cantidad de dinero proyectada para poder construir la planta de tratamiento de agua residual. De la alternativa económica N°1 (tabla 12.3), la inversión inicial asciende a US\$/. 376,739 y la alternativa N°2 (tabla 12.3) US\$/.100,622.

13.2 Egresos anuales

Como parte de los egresos de la planta de tratamiento del agua residual se considera, en primera instancia, el costo para la operación y mantenimiento para cada alternativa (tabla 12.4). Este asciende a US\$/. 21,226 para la alternativa N°1 y US\$/. 51,622 para la alternativa N°2

13.3 Ingresos Anuales

Si bien es cierto que la construcción de la planta de tratamiento de agua residual no obtendrá ingresos directamente, el ahorro de las cuotas que se tendrá que pagar a Sedapal se considera como un ingreso. Hoy en día, el único cobro que realiza sedapal a la UNMSM, es por la descarga del agua residual hacia las alcantarillas de lima metropolitana. A continuación se calculara el ahorro de dinero que se obtendría si se efectuara el proyecto. Para esto se necesitan los siguientes datos:

- Cantidad de dinero que se paga a sedapal por descargar el agua residual hacia las alcantarillas de lima metropolitana, ascienda a S/ 50,606 (figura 8.1) como promedio mensual.
- Cantidad total de agua residual promedio que se descarga hacia las alcantarillas de lima metropolitana al mes, es de 48,346.58 m³ (figura 11.4).
- Cantidad de agua residual que se trataría, si se concretara el proyecto, es de 21,420 m³/mes (Caudal medio mensual, calculado en el punto 11.4).

Entonces el ingreso anual será:

$$\text{Ingreso anual} = [(S/. 50,606 / \text{mes}) / (48,346.58 \text{ m}^3 / \text{mes})] \cdot (21,420 \text{ m}^3 / \text{mes}) \cdot (12 \text{ meses} / 1 \text{ año})$$

$$\text{Ingreso anual} = S/. 269,052 \text{ equivale a } US\$/. 89,684$$

13.4 Costo por depreciación

Este costo corresponde a la depreciación, que en este caso se asumirá lineal y con un valor residual cero.

$$D = (C_{cf} - V_r) / n$$

Donde:

D : depreciación (US\$ / año)

C_{CF} : costo fijo final o costos de construcción (US\$)

V_r : valor residual (cero)

n : número de períodos que la planta prestará servicio (35 años)

Luego:

Depreciación alternativa N°1

$$D = (US\$/.376,739 - 0) / 35 = US\$/.10,764$$

Depreciación alternativa N°2

$$D = (US\$/.100,622 - 0) / 35 = US\$/. 2,875$$

13.5 Flujo económico neto (FEN)

Es el resultante de adicionar, de sumar, a la utilidad o perdida proyectada, según el estado contable proyectado de perdidas y ganancias.

Flujo económico alternativa N°1

$$FEN_1 = Ingresos_1 - (Egresos_1 + Depreciación_1) = US\$ /.57,694$$

Flujo económico alternativa N°2

$$FEN_2 = Ingresos_2 - (Egresos_2 + Depreciación_2) = US\$ /.35,187$$

13.6 Valor presente neto (VPN)

La suma de utilidades (utilidades menos perdidas) que pueda generar el proyecto en el periodo 1,2, 3.. .N, lo expresamos en valor presente y los valores obtenidos, (positivos o negativos) lo compararemos con la inversión original y sabremos si al cabo del tiempo previsto el proyecto, es o no rentable.

En el cuadro 13.1 se brinda información, sobre el resultado del VPN, el cual nos ayudara a determinar la factibilidad del proyecto

Tabla 13.1: Interpretación del VPN

Valor	Significado	Decisión a tomar
$VPN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida	El proyecto puede aceptarse
$VPN < 0$	La inversión produciría pérdidas por encima de la rentabilidad exigida	El proyecto debería rechazarse
$VPN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Determinación del VPN

$$VPN = -P + FNE_1 / (1 + I)^1 + FNE_2 / (1 + I)^2 + \dots + FNE_N / (1 + I)^N$$

Donde:

P = Inversión inicial

FNE = Flujo económico neto

I = Tasa descuento (14%)

N = Tiempo de recuperación de inversión

Se asignara valores para N, para poder determinar en que año el proyecto será factible.

Para N = 15 años

Alternativa N°1

$$VPN = -376,739 + 57,694 / (1 + 0.14)^1 + \dots + 57,694 / (1 + 0.14)^{15}$$

$$VPN_{15} = \text{US\$/. } -22,373$$

Alternativa N°2

$$VPN = -100,622 + 35,187 / (1 + 0.14)^1 + \dots + 35,187 / (1 + 0.14)^{15}$$

$$VPN_{15} = \text{US\$/. } 115,502$$

Se observa que, para un tiempo de 15 años, la alternativa N°2 presenta un valor presente neto positivo, mientras que alternativa N°1 presenta uno negativo. Por lo tanto, a la tabla 13.1 se recomienda realizar la construcción de la alternativa N°2.

CAPITULO XIV

REQUERIMIENTOS PREVIOS AL ARRANQUE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para la puesta en marcha de la planta PTAR de la UNMSM, es requisito indispensable que se encuentren concluidos los trabajos de construcción y recepción de las obras directamente relacionadas con las unidades de tratamiento. Asimismo, el operador de la planta deberá tener presente los siguientes alcances y requisitos para un adecuado desarrollo de las actividades que conformarán el arranque, operación y mantenimiento de la planta.

14. 1 Aspectos de control

Las condiciones hidráulicas y biológicas que forman parte del proceso de depuración de las aguas residuales, pueden verse afectadas por una serie de factores. Algunos de éstos son fácilmente controlables y adaptables al proyecto, pero otros, por su propia naturaleza, no se pueden controlar y deben ser considerados con buen criterio, de modo que su interferencia no afecte el proceso.

Parámetros no controlables

Son los factores fuera del control del hombre y están representados básicamente por parámetros meteorológicos, así como por algunos de tipo local. Entre éstos se tienen:

Factores meteorológicos

- i. Evaporación: La evaporación del agua altera la concentración de sólidos, de materia orgánica y de los elementos presentes en el agua, pudiendo modificar el equilibrio biológico.
- ii. Temperatura: Es el parámetro más importante, dado que es una medida indirecta de otros factores importantes, como por ejemplo, la radiación solar, velocidad de fotosíntesis y la velocidad de metabolismo de los microorganismos.
- iii. Vientos: Tienen importancia para las lagunas de estabilización, ya que favorecen la homogenización de la masa líquida.
- iv. Nubes: Interfieren como elemento capaz de interponerse al paso de la luz solar.
- v. Factores locales: Son factores propios de cada zona, tales como temperatura del agua, características de las aguas servidas e infiltración.

Parámetros Controlables

En general, son aquellos parámetros relacionados con el diseño mismo de las unidades. Estos factores son entre otros: la carga orgánica aplicada, el período de retención hidráulico y la profundidad de los niveles de agua en las unidades, los cuales dependen entre sí y demandan especial interés del operador.

Parámetros de control Operacional

Tienen relación directa con el funcionamiento de los procesos y su control periódico permite observar el comportamiento de cada unidad de tratamiento. Para esto, se deberá contar con instrumentación de análisis y equipo de muestreo adecuado.

En la planta se controlará los siguientes parámetros: caudal, temperatura, pH, remoción de DBO, remoción de sólidos, remoción de coliformes y concentración de nutrientes.

Si las unidades de tratamiento funcionan de acuerdo con la carga orgánica y bacteriológica consideradas en el proyecto, la operación se reducirá a un control periódico de la eficiencia del proceso, lo cual se describe detalladamente en los puntos posteriores.

En cuanto al monitoreo de la calidad de los efluentes de las distintas unidades del tratamiento, el laboratorio encargado de efectuar los análisis deberá estar equipado y contar con el personal y reactivos necesarios para implementar como mínimo las siguientes pruebas:

DBO_{total} y soluble, DQO_{total} y soluble, sólidos totales, sólidos en suspensión y volátiles, ácidos grasos volátiles, nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico, oxígeno disuelto, temperatura, pH, coliformes totales, coliformes fecales, y parásitos.

En lo que respecta a la puesta en marcha (cuatro a seis meses), se tomarán muestras puntuales cada dos días para controlar la correcta operación del RAFA. Los principales parámetros de control serán el pH, temperatura, determinación de ácidos grasos volátiles en el efluente, DBO y DQO en el afluente y efluente del reactor.

14.2 Personal de la planta

Debe estar conformado por un área administrativa y otra de operación y mantenimiento. El estudio de diversas experiencias de otros países en desarrollo permite preveer el siguiente personal.

Personal de Operación y Mantenimiento

- Un jefe de operación y mantenimiento.- (Un cuarto de jornada)
Tendrá a su cargo la planta de tratamiento, así como la coordinación de los operarios encargados de la operación y mantenimiento del recinto. Corresponderá a un profesional calificado en ingeniería química o sanitaria.
- Tres operadores.- (Jornada de 8 horas/día). Serán los encargados de realizar las tareas de control de la planta de tratamiento. Deberán tener conocimientos sobre mantenimiento y operación, para lo cual requerirán de cursos de capacitación. Por lo menos uno de estos operadores debe residir permanentemente en la planta. Para tal efecto, es necesario prever la construcción de una casa-habitación. Las responsabilidades que les serán asignadas son:
 - a. Informar periódicamente al jefe sobre el funcionamiento y estado de las unidades en general.
 - b. Realizar los controles necesarios para la normal operación de la planta, entre ellos:

- Medición de caudales
 - Controles fisicoquímicos: lectura de parámetros, toma de muestras de agua
 - Llevar a cabo los programas de mantenimiento físico de todas las unidades.
- Dos obreros.- (Jornada de 8 horas / día). Deberán preocuparse del mantenimiento de las unidades de tratamiento, fundamentalmente mantener los-taludes libres de vegetación; limpiar las canaletas, vertederos, desarenador y cámara de rejas; remover grasas y materia orgánica flotante y mantener las áreas verdes.

Personal de administración

Una secretaria, Deberá trasladar los datos obtenidos a los registros de control de la planta y procesar la información que se enviará a los demás niveles.

14.3 Documentación requerida

La documentación disponible en todo momento en la planta, deberá contar con antecedentes propios del proyecto, a fin de conocer tanto las bases de diseño de la planta o también la ubicación de cada uno de los elementos del sistema. Como mínimo, es recomendar contar con lo siguiente:

- Memoria técnica del proyecto
- Un juego completo de los planos de construcción
- Especificaciones técnicas de construcción

- Formularios de registro de datos operacionales y de análisis de calidad
- Una colección de referencias técnicas. En la bibliografía del presente manual presenta una lista el material que podría adquirirse.
- Cuaderno de observaciones. En este cuaderno o bitácora, el operador apunta diariamente las lecturas efectuadas, así como los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos, medidos o analizados tanto en la planta como en el laboratorio.

14.4 Requerimientos administrativos y de infraestructura

Para el desarrollo de las funciones administrativas, la planta deberá contar con siguientes requerimientos:

- Una oficina para el jefe y operador de la planta
- Una oficina para la secretaria: este ambiente debe disponer por lo menos de lo siguiente:
 - ❖ Un escritorio
 - ❖ Un mueble para conservar la documentación de la planta
 - ❖ Un computador personal para el almacenamiento de los registros de control
 - ❖ Una impresora para la edición de la documentación que se emita
 - ❖ Un teléfono
 - ❖ Material de escritorio
 - ❖ Servicios Higiénicos
 - ❖ Servicio de cocina.

14.5 Requerimientos físicos

En este punto se exponen los requerimientos físicos y de infraestructura mínimos que se necesitan en el arranque, operación y mantenimiento de la planta.

Sistema de agua potable

En cuanto al arranque del RAFA y conforme a lo indicado en los puntos posteriores, es necesario disponer de un sistema de agua de dilución para reducir eventualmente la carga volumétrica al reactor. Para tal efecto, debe contarse con un sistema de suministro de agua potable hasta la localización de dicha unidad. Ésta puede ser una manguera flexible de 2" de diámetro ó superior.

Además, se requiere de un sistema de entrega de agua potable para el lavado de las unidades de PRE-tratamiento, tales como la cámara de rejillas y el desarenador.

Disposición final de los residuos sólidos

Todo el material retenido en las rejillas, corno del desarenador será depositado en algún pozo habilitado dentro del recinto de la planta. Para tal efecto se requiere la construcción de un pozo de sección de 2 por 2 m y una profundidad de 3m. Es aconsejable que su ubicación esté próxima a dichas unidades a fin de no dificultar, el transporte de los residuos por parte de los obreros.

Inoculación de lodos en el RAFA

Para la inoculación del digestor es necesario traer lodos con actividad metanogénica (concentración mínima de 10 kg.SSV/m³). Para tal efecto, debe preverse un volumen entre 40 y 80 m³ y considerar el lugar de su obtención y el transporte respectivo.

Insumos de productos químicos

Durante el arranque y operación de la planta será necesario contar con productos químicos para atenuar o eliminar riesgos de un eventual mal funcionamiento de los procesos de tratamiento. Estos son los siguientes:

En tal sentido, inicialmente se requerirá disponer del siguiente stock:

- Soda cáustica (NaOH) = 5 sacos
- Cal (CaCO₃) = 5 sacos
- Hipoclorito de sodio = 20 lt

14.6 Equipo de trabajo y seguridad

A fin de lograr el óptimo desarrollo de la puesta en marcha, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, es necesario que el personal cuente con herramientas básicas para su trabajo, así como el equipo de protección necesario para realizar las funciones en condiciones seguras.

Equipo de trabajo

En una planta de tratamiento de esta naturaleza, el equipo de trabajo se reduce a herramientas necesarias para mantenimiento. Es aconsejable que la planta cuente como mínimo con las siguientes herramientas de trabajo (el número de ellas variará conforme a las necesidades):

Tabla 14.1: Herramientas y accesorios

Herramientas y accesorios	Cantidad necesaria
Carretillas de mano	Una por cada 2 obreros
Pala	Una por cada obrero
Cuchara de 12" de diámetro de malla metálica, con asa metálica(tubería de fierro galvanizado de 1") de 2m largo	Una por cada obrero
Caja de herramientas con martillo, alicate, clavos, llave Stillson, etc.	Un juego por cada 2 obreros
Manguera para lavado de unidades de pretratamiento	300m
Rastrillo	Uno por cada obrero
Disco Secchi	Uno
pHmetro para medir en profundidad	Uno
Oxímetro paro medir en profundidad	Uno
Comparador de pH con rango de 1a 11	Dos
Termómetro para medición de temperatura en °C (rango 0-100°C)	Dos

Fuente : Propia

El equipo de protección recomendable para todo el personal de la planta (Jefe, operarios y trabajadores) es el siguiente:

- Cascos de seguridad.
- Botas.
- Guantes de protección de goma para evitar infecciones al extraer muestras de aguas servidas.
- Guantes de cuero para labores mayores, como abertura de compuertas, limpieza, etc.

Para el resguardo y mantenimiento adecuado del equipo de trabajo es necesario disponer de un almacén. Para tal efecto, se deberá asignar alguna de las instalaciones existentes para dicho fin.

Una vez concluidas las actividades diarias el personal de operación deberá limpiar y guardar cuidadosamente el equipo usado. El almacén permanecerá cerrado y con llave para asegurar las herramientas y equipos de medición propios de la planta. La responsabilidad del cuidado será del operador de turno.

De igual forma, se deberá contemplar un almacén adicional para los productos químicos tales como NaOH , CaCO_3 , hipoclorito de sodio, etc. En caso de no poder contar con alguna de las instalaciones existentes se podrá usar el mismo almacén destinado al equipo de trabajo, mientras se prevea la construcción de una bodega específica para dichos fines. Se deberá tener especial precaución de mantener apartados dichos productos del resto de los equipos.

Seguridad

Los riesgos a los que está expuesto un empleado en instalaciones de este tipo son principalmente las lesiones físicas e infecciones. Éstos se eliminan fácilmente si se toman las medidas de prevención adecuadas. A continuación, se recomiendan algunas medidas de seguridad.

- Para prevenir caídas

Guardar las herramientas en sus lugares asignados. Limpiar adecuadamente la zona donde se encuentran las unidades, es decir, remover los escombros de las áreas de trabajo.

Colocar barandas en los lugares de peligro (pasarelas, canaletas) para evitar posibles caídas. En lugares apropiados, colocar signos de advertencia y señales de peligro.

- Para prevenir infecciones

Los operadores deben usar guantes de cuero al manejar objetos grandes, por ejemplo, tapas y compuertas. Asimismo, se debe portar guantes de goma cuando se ejecuten labores que requieran contacto con aguas residuales o material retenido en las rejillas.

Las aguas residuales son un riesgo para los trabajadores, debido a las enfermedades que se transmiten a través del agua, tales como la fiebre tifoidea, disentería, fiebre paratifoidea, ictericia infecciosa y tétano.

Se recomienda tener presente las siguientes medidas preventivas:

- a. Primeros auxilios: Proveer un botiquín de primeros auxilios para el tratamiento inmediato de pequeñas cortaduras y heridas. Las lesiones de pequeña consideración pueden ser tratadas con primeros auxilios. En caso de heridas de mayor importancia, debe requerirse los servicios de un médico o del personal del centro asistencial.

- b. Inmunizaciones: Los empleados deben ser inmunizados periódicamente, mediante vacunas contra la fiebre tifoidea y el tétano.
- c. Precauciones personales: Mientras se trabaja, no se debe tocar con las manos la cara o la cabeza. No se debe fumar mientras se manipula materia orgánica. Antes de comer, se deben lavar las manos con abundante agua y jabón antiséptico o yodado.
- a. Desinfectantes: En los servicios higiénicos se debe proveer material de aseo, tales como jabón antiséptico o yodado y alcohol, etc. Además, se deberá contar con hipoclorito de sodio para la limpieza del equipo de trabajo y material de seguridad.

CAPITULO XV

CONCLUSIONES

- Después de los estudios realizados, se determino que el mejor lugar para la construcción de la planta se localiza en la parte posterior de la cede central JORGE BASADRE (figura 11.1).
- Una vez analizado los sistemas de selección de alternativas de plantas de tratamiento de agua residual, se llego a la conclusión que la segunda alternativa es más factible desde un punto de vista técnico.
- Una vez que se llego a esta ultima parte del estudio, se puede decir, en primera instancia, que se demostró la importancia de una planta de tratamiento de agua residual para la UNMSM. Como se pudo observar en el capitulo XIII, el valor presente neto (VPN) de la segunda alternativa es mayor a cero, lo que origina automáticamente que el proyecto sea factible.
- Como institución, la UNMSM tiene que ser pionera en lo que a cuidado del medio ambiente se refiere, de ahí que, por otro lado, el presente proyecto sea factible. La inversión en un proyecto de esta magnitud significaría un renombre importantísimo para la universidad y generaría la atención de otros organismos públicos y privados.

- El uso racional de los recursos hídricos, es vital para la humanidad, debiendo destinar las fuentes de agua dulce para el consumo humano y aprovechar los desagües tratados mediante plantas de tratamiento, en el riego de las áreas verdes.
- Un gran beneficio del uso de las plantas de tratamiento de agua residual, es la preservación de la salud pública y del medio ambiente, así como la disminución de las descargas de aguas contaminadas al océano.
- En resumen, la investigación realizada respecto a la planta de tratamiento de agua residual aporta una metodología para la ubicación, selección, justificación, disposición final de aguas y viabilidad para la construcción y operación de la misma.

CAPITULO XVI

RECOMENDACIONES

- Es necesario aclarar que le presente estudio se lleva a cabo basándose en factores, condiciones y ecuaciones totalmente empíricas. Estas fueron obtenidas de diferentes proyectos de plantas de tratamiento de agua residual. Desgraciadamente se ha podido ver que cada planta trabaja completamente diferente a las otras, dependiendo del lugar, condiciones climáticas y condiciones del agua a tratar. Por todo lo anterior, es indispensable, una vez construida la planta, verificar si los cálculos obtenidos son correctos y, de ser necesario, hacer algún ajuste.
- Se recomienda que la realización del proyecto sea encabezada por la facultad de ingeniería química, que es la mas relacionada con el tema de tratamiento de agua residual.
- Una vez construida la planta de tratamiento de agua residual, los diferentes tipos de análisis que se tendrá que hacer a las muestras de agua residual y tratada, tendrán que ser efectuadas en la facultad de ingeniería química y biológica, ya que cuentan con todos los equipos necesarios.

CAPITULO XVII

BIBLIOGRAFIA

- Alaerts, G. (1995). Wastewater Treatment. Tratamiento de Aguas Residuales, presentado en “Curso-Taller Internacional sobre Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales”, febrero 13–marzo 17 de 1995. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- Giraldo, E. (1998). Perspectiva de Tratamiento Anaerobio de las Aguas Residuales Domésticas en Colombia. Presentado en “Seminario-Taller Saneamiento Básico y Sostenibilidad”, AGUA Y SOSTENIBILIDAD, junio 1-12 de 1998. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- Metcalf & Eddy (1995). Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización. Volumen I-II, 3ra. Edición en español, MacGraw-Hill. Madrid, España.
- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1995). Manual de Tratamiento de Aguas Negras. 13ra. reimpresión, Editorial LIMUSA. Mexico.
- APHA, AWWA, WPCF (1992). Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 1ra edición en español. Ediciones Diaz de Santos, Madrid-España.

- Madera, C. Peña, M. y Perez, M. (1998). Selección de Tecnología para Tratamiento de Aguas Residuales: Un Enfoque Metodológico con Participación de los Usuarios. Presentado en Seminario-Taller “Saneamiento Básico y Sostenibilidad” “AGUA Y SOSTENIBILIDAD”, junio 1-12 de 1998. Santiago de Cali, Colombia.
- Souza, M. (1997). Metodología de Análisis de Decisiones para Seleccionar Alternativas de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Brasilia. Brasilia-DF, Brasil.
- Lettinga, G. Hulshoff, P. y Field, J. (1989). Posibilidades y Potencial del Tratamiento Anaeróbico de Aguas Residuales con Énfasis en el Sistema UASB. Presentado en “Seminario Internacional sobre Digestión Anaeróbica - Elementos de Diseño”. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Mansur, M. (1985). Tratamiento de Desagües Domésticos en Reactores Anaeróbicos de Manto de Lodos de Flujo Ascendente. Protocolo de Investigación, mayo de 1985. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente CEPIS. Lima, Perú.
- Peña, M. y Valencia, E. (1998). Reuso en Irrigación de Aguas Residuales Domésticas Tratadas: una Alternativa Sostenible para el Manejo Integral del Recurso Hídrico. Presentado en “Seminario-Taller Saneamiento Básico y Sostenibilidad”, AGUA Y

SOSTENIBILIDAD, junio 1-12 de 1998. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.

- Moscoso, J. y León, R. (1996). Curso de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales. OPS/CEPIS/PUB 96.20. Lima, Perú.
- Universidad del Valle (1995). Metodología de Análisis. Curso - Taller Internacional sobre Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales. Febrero 13 – marzo 17 de 1995. Santiago de Cali, Colombia.
- Orozco, A. (1989). Manual sobre Digestión Anaerobia, Capítulo I: Generalidades. Presentado en “Seminario Internacional sobre Digestión Anaeróbica - Elementos de Diseño”. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Lettinga, G y Hulshoff, P. (1987). Arranque y Operación de Reactores UASB. Presentado en “Curso Arranque y Operación de Sistemas de Flujo Ascendente con Manto de Lodo”, noviembre de 1987. Santiago de Cali, Colombia.
- Wildschut, L. (1989b). Diseño de Reactores UASB para Aguas Residuales Domésticas. Presentado en “Curso sobre Criterios de Diseño para Sistemas de Tratamiento Anaeróbico UASB, Ejemplos Prácticos a Nivel Regional y Nacional. Santiago de Cali, Colombia. p. 103-117.

CAPITULO XVIII

ANEXO

18.1 Fotos

Foto N°1: Punto de muestreo (buzón frente a huaca)



Foto N°2: Medición de niveles



Foto N°3: Medición de niveles




Foto N°4: Ruta de acceso hacia la zona proyectada



Foto N°5: Ruta de acceso hacia la zona proyectada

18.2 Certificados de análisis



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N°178-06 LAB N° 20

SOLICITANTE : PEDRO ALEXIS QUIROZ PEDROZA

TIPO DE MUESTRA : Desagüe

PROCEDENCIA : Universidad Nacional Mayor de San Marcos

FECHA DE MUESTREO : 19-09-06

FECHA DE RECEPCIÓN : 19-09-06

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO


PARÁMETROS	UNIDAD	M1	M2
Aceites y grasas	mg/L	2,60	11,40
DBO	mg/L	120,60	140,70
pH		8,90	8,30
Sólidos sedimentables	mL/L/h	2,50	2,50
Temperatura	°C	19,60	19,30

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

PROCEDENCIA:

M2: Medicina tropical, huaca y matemáticas - UNMSM

Lima, 26 e Setiembre del 2006



ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
JEFE DEL LABORATORIO N° 20

*Muestra tomada por el solicitante

Av. Túpac Amaru N° 210 - Rímac

Telefax 482-1585 - Teléfono 481-1070 Anexo 365
Atención 8:00 a 16:00 Hrs.

E-mail: lab20_fia@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N°175-06 LAB N° 20

SOLICITANTE : PEDRO ALEXIS QUIROZ PEDROZA
 TIPO DE MUESTRA : Desagüe
 PROCEDENCIA : Universidad Nacional Mayor de San Marcos
 FECHA DE MUESTREO : 19-09-06
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19-09-06

RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO.

PARÁMETRO	UNIDAD	M1	M2	METODO
Coliformes fecales	UFC/100 ml	60 x 10 ⁷	85 x 10 ⁷	FILTRO DE MEMBRANA

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

PROCEDENCIA:

M1: Alcantarillado de matemáticas – UNMSM
 M2: Alcantarillado de la huaca -UNMSM

Lima, 26 de Setiembre del 2006


 ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
 JEFE DEL LABORATORIO N° 20

* Muestra tomada por el solicitante.

Av. Túpac Amaru N° 210 - Rímac

Telefax 482-1585 - Teléfono 481-1070 Anexo 365
 Atención 8:00 a 16:00 Hrs.

E-mail: lab20_fia@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N°175-06 LAB N° 20

SOLICITANTE : PEDRO ALEXIS QUIROZ PEDROZA
 TIPO DE MUESTRA : Desagüe
 PROCEDENCIA : Universidad Nacional Mayor de San Marcos
 FECHA DE MUESTREO : 19-09-06
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19-09-06

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETROS	UNIDAD	M1	M2
Aceites y grasas	mg/L	7,20	4,40
DBO	mg/L	180,90	100,50
pH		8,10	7,80
Sólidos sedimentables	mL/L/h	3,50	0,90
Temperatura	°C	14,50	19,60

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

PROCEDENCIA:
 M1: Alcantarillado de matemáticas - UNMSM
 M2: Alcantarillado de la huaca - UNMSM

Lima, 26 de Setiembre del 2006

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 LABORATORIO N° 20
 INGENIERIA AMBIENTAL
 ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
 JEFE DEL LABORATORIO N° 20

*Muestra tomada por el solicitante

Av. Túpac Amaru N° 210 - Rímac

Telefax 482-1585 - Teléfono 481-1070 Anexo 365
 Atención 8:00 a 16:00 Hrs.

E-mail: lab20_fia@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N°178-06 LAB N° 20

SOLICITANTE
TIPO DE MUESTRA
PROCEDENCIA
FECHA DE MUESTREO
FECHA DE RECEPCIÓN

: PEDRO ALEXIS QUIROZ PEDROZA
: Desagüe
: Universidad Nacional Mayor de San Marcos
: 19-09-06
: 19-09-06

RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO.

PARÁMETRO	UNIDAD	M1	M2	METODO
Coliformes fecales	UFC/100 ml	75 x 10 ⁶	90 x 10 ⁷	FILTRO DE MEMBRANA

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

PROCEDENCIA:
M1: Medicina tropical - UNMSM
M2: Medicina tropical, huaca y matemáticas - UNMSM

Lima, 26 de Setiembre del 2006



ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
JEFE DEL LABORATORIO N° 20

* Muestra tomada por el solicitante.

Av. Túpac Amaru N° 210 - Rímac

Telefax 482-1585 - Teléfono 481-1070 Anexo 365
Atención 8:00 a 16:00 Hrs.

E-mail: lab20_fia@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N° 093-07 LAB N° 20

Solicitante

Tipo de muestra

Procedencia

Fecha de muestreo

Fecha de recepción

: SR. PEDRO ALEXIS QUIROZ PEDRAZA

: Desagüe

: Buzón La Huaca – Universidad Nacional Mayor de San Marcos

: 29-05-07

: 29-05-07


RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO.

PARÁMETRO	UNIDAD	M1	M2	METODO
Coliformes fecales	NMP/100 ml	90 x 10 ³	40 x 10 ⁴	TUBOS MULTIPLES

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición.

PROCEDENCIA:
M1: Buzón La Huaca – Hora 9 a.m.
M2: Buzón La Huaca – Hora 2 p.m.

Lima 04 de Junio del 2007



ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
JEFE DEL LABORATORIO N° 20

- Muestra tomada por el solicitante.

Av. Túpac Amaru N° 210 - Rímac

Telefax 482-1585 - Teléfono 481-1070 Anexo 365
Atención 8:00 a 16:00 Hrs.

E-mail: lab20_fia@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N° 093-07 LAB N° 20

Solicitante : **SR. PEDRO ALEXIS QUIROZ PEDRAZA**
 Tipo de muestra : **Desagüe**
 Procedencia : **Buzón La Huaca – Universidad Nacional Mayor de San Marcos**
 Fecha de muestreo : **29-05-07**
 Fecha de recepción : **29-05-07**


RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	M1	M2	METODO
DBO	mg/L	241,20	7 236	Prueba de DBO 5 días
DQO	mg/L	327,00	1 038	Colorimétrico

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

PROCEDENCIA:
 M1: Buzón La Huaca – Hora 9 a.m.
 M2: Buzón La Huaca – Hora 2 p.m.

Lima, 04 de Junio del 2007


ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
JEFE DEL LABORATORIO N° 20

- Muestra tomada por el solicitante

Av. Túpac Amaru N° 210 - Rímac

Telefax 482-1585 - Teléfono 481-1070 Anexo 365
 Atención 8:00 a 16:00 Hrs.

E-mail: lab20_fia@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N° 107-07 LAB N° 20

SOLICITANTE
TIPO DE MUESTRA
PROCEDENCIA
FECHA DE MUESTREO
FECHA DE RECEPCIÓN

: PEDRO QUIROZ PEDRAZA
: Desagüe
: La Huaca Universidad Nacional
Mayor de San Marcos.
: 15-06-07
: 15-06-07

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
DBO	mg/L	402

t(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

HORA DE MUESTREO: 13:30 HORAS

Lima, 20 de Junio del 2007


ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
JEFE DEL LABORATORIO N° 20

*Muestra tomada por el solicitante.

Av. Túpac Amaru N° 210 - Rímac

Telefax 482-1585 - Teléfono 481-1070 Anexo 365
Atención 8:00 a 16:00 Hrs.

E-mail: lab20_fia@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N° 099-07 LAB N° 20

SOLICITANTE
TIPO DE MUESTRA
PROCEDENCIA
FECHA DE MUESTREO
FECHA DE RECEPCIÓN

: PEDRO QUIROZ PEDRAZA
: Desagüe
: Buzón La Huaca Universidad Nacional
Mayor de San Marcos.
: 05-06-07
: 05-06-07


RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
DBO	mg/L	201

t(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

HORA DE MUESTREO: 13:30 HORAS

Lima, 11 de Junio del 2007



ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
JEFE DEL LABORATORIO N° 20

*Muestra tomada por el solicitante.

Av. Túpac Amaru N° 210 - Rímac

Telefax 482-1585 - Teléfono 481-1070 Anexo 365
Atención 8:00 a 16:00 Hrs.

E-mail: lab20_fia@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N°149-08 LAB N° 20

SOLICITANTE	: PEDRO QUIROZ PEDRAZA
TIPO DE MUESTRA	: Agua residual
PROCEDENCIA	: Huaca - UNMSM
FECHA DE MUESTREO	: 28-04-08
FECHA DE RECEPCIÓN	: 28-04-08

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO QUIMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
DBO	mg/L	330,75	Prueba DBO 5 días

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición.

RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Coliforme fecal	NMP/100 mL	20 X 10 ⁶	Tubos múltiples

(*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición.

Lima, 06 de Mayo del 2008



ING. ARTURO ZAPATA PAYCO
JEFE DEL LABORATORIO N° 20

* Muestra tomada por el solicitante

Av. Túpac Amaru N° 210 - Rímac

Telefax 482-1585 - Teléfono 481-1070 Anexo 365
Atención 8:00 a 16:00 Hrs.

E-mail: lab20_fia@uni.edu.pe

18.3 Recibos de pagos de sedapal

sedapal
SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA
Av. Ramón y Cajal, 210 - El Agustino
RUC: 2010010258
www.sedapal.com.pe

Titular del Servicio
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
AV. VENEZUELA 34 CDRA
URB. BENAVIDES, OSCAR R
LIMA (CERCADO)
ADMINISTRACION CENTRAL
RUC.: 20148092282

Para Consultas
Suministro N°
2401186-8

RECIBO N°
10410492-15111200709
Referencia de Cobro
24011861176

OFICINA COMERCIAL: AV VENEZUELA 812

Frecuencia de Facturación	Mes Facturado	Emisión	Categoría	Vencimiento	Tarifa
Mensual	Septiembre 2007	29/09/2007	NO RESIDENCIAL	22/10/2007	ESTATAL

Propiedad
ELIMINAR ELIMINAR ELIMINAR

Dirección del Suministro
AV VENEZUELA SN - CIUD. UNIVERSITARIA

Distrito	Actividad	Unid. uso	Periodo de Consumo	Tipo de Facturación
LIMA (CERCADO)	USO DE LA RED DESAGUE	1	30/07/2007 - 31/08/2007	LECTURA

Medidor	Lectura Anterior	Lectura Actual	Consumo M3
201220089	2181319	2199559	18240

Factor de Descarga : 69 %
Consumo Total Calculado : 18240 m3
Costo Uso Alcantarillado : S/. 2.573 / m3
Estructura Tarifaria (31/08/2007)
ESTATAL 0 a más S/. 2.573
Diámetro Cobax: 200 mm

Concepto	Importe
Cargo Fijo	3.97
Uso de red de desagüe 12,585.60 m3	31,375.90
I.G.V. 31,375.97 x 19%	5,962.18
Redondeo del mes anterior	0.86
Redondeo del mes actual	0.09
Consumo del mes	37,343.00

IMPORTE TOTAL S/.,***37,343.00

Mensajes

En aplicación del Art. 38 de la Ley 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento, y del Art. 101 de su Reglamento (DS N° 023-2005-VIVIENDA) y RCD N° 009-2007-SUNASS-CD, se ha efectuado un reajuste tarifario por efecto de la inflación. Vigente a partir del 01.09.2007.

Ciudadano: El 21 de octubre apoya a los Censos Nacionales 2007, tu participación es muy importante. ¡Contemos todos por el Perú!

U.N.M.S.M.
Of. General de Operaciones y Mantenimiento
11-10-07

Unidad Remontada en Equipo
A la fecha usted adeuda:
Consumo(s) vencido(s): 1 recibo por S/. 50,513.50

Este recibo adquiere valor solamente si posee certificación de cobro. Su pago no cancela deudas anteriores. CANCELAR SOLO EN LUGARES AUTORIZADOS INDICADOS AL REVERSO. EN NINGUN CASO AL MENSAJERO.

Evolution de su consumo de Agua

ACTUALIZACIÓN CATASTRAL
Colabora con nuestros operadores autorizados que visitarán tu domicilio para registrar o actualizar la información.

Reservado para la Oficina de Cobro

OFICINA COMERCIAL: AV VENEZUELA 812

Referencia de Cobro	Suministro
24011861176	2401186-8

Vencimiento: 22/10/2007 Importe: S/.,***37,343.00

sedapal
www.sedapal.com.pe
317-8000

24011861170000000373430094

sedapal
SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA
AV. Ramón Proke 210 - El Agustino
D.F.C. 15013006
www.sedapal.com.pe

Título del Servicio
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
AV VENEZUELA 34 CDRA
URB BENAVIDES, OSCAR R
LIMA (CERCADO)
ADMINISTRACION CENTRAL
RUC.: 20148092282

Para Consultas
Suministro Nº
2401186-8

RECIBO Nº
11575260-15111200710
Referencia de Cobro
24011861200

Oficina Comercial: AV VENEZUELA 812

Frecuencia de Facturación: Mensual
Mes Facturado: Octubre 2007
Emergencia: 30/10/2007
Categoría: NO RESIDENCIAL
Vencimiento: 23/11/2007
Tarifa: ESTATAL

Propietario: ELIMINAR ELIMINAR ELIMINAR
Dirección del Suministro: AV VENEZUELA SN - CIUD UNIVERSITARIA

Distrito: LIMA (CERCADO)
Actividad: USO DE LA RED DESAGUE
Unid. uso: 1
Periodo de Consumo: 31/06/2007 - 26/06/2007
Tipo de Facturación: LECTURA

Medidor	Lechura Anterior	Lechura Actual	Consumo MS
Z101220089	2199559	2216781	17222

Información Complementaria:
Factor de Descarga: 69 %
Consumo Total Calculado: 17222.00 m3
Costo Uso Alcantarillado: S/ 2,573 / m3
Estructura Tarifaria: (31/06/2007)
ESTATAL: 0 a mas S/ 2,573
Diámetro Conex: 200 mm

Detalle de Facturación

Concepto	Importe
Cargo Fijo	3.97
Uso de red de desagüe 11,883.18 m3	30,575.42
I.G.V. 30,579.39 x 19%	5,810.08
Redondeo del mes anterior	0.48
Redondeo del mes actual	0.05
Consumo del mes	36,390.00

IMPORTE TOTAL S/.*36,390.00

Mensajes
APAFAS Y PADRES DE FAMILIA, Capacitación gratuita. Inscripción Casa Cueto Fernandini - MED Av. Rep. de Colombia 710-San Isidro-T.421-8521
Estimado cliente: De no cancelar su deuda morosa esta sera publicada en centrales de riesgo.

U.N.M.S.M.
Of. General de Operaciones y Mantenimiento
08-11-07

Evolución de su consumo de Agua

ACTUALIZACIÓN CATASTRAL
Colabora con nuestros operadores autorizados que visitarán tu domicilio para registrar o actualizar la información.

A la fecha usted adeuda:
Consumo(s) vencido(s): 1 recibo por S/ 37,343.00

Este recibo adquiere valor solamente si posee certificación de cobro. Su pago no cancela deudas anteriores. CANCELAR SOLO EN LUGARES AUTORIZADOS INDICADOS AL REVERSO. EN NINGUN CASO AL MENSAJERO

Reservado para la Oficina de Cobro

OFICINA COMERCIAL: AV VENEZUELA 812
Referencia de Cobro: 24011861200
Suministro: 2401186-8
Vencimiento: 23/11/2007
Importe: S/.*36,390.00

sedapal
www.sedapal.com.pe
317-3000

240118612000000000363900030

sedapal
SERVICIO DE AGUAS POTABLES Y ALICANTERILLOS DE LIMA
Av. Sanjos P. al 310, S. 1, Quito
RUC: 2010243366
www.sedapal.com.pe

Unidad del Servicio
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
AV VENEZUELA 34 CDRA
URB BENAVIDES, OSCAR R
LIMA (CERCADO)
ADMINISTRACION CENTRAL
RUC: 20148092282

Para Consultas
Suministro N°
2401186-8
RECIBO N°
12730268-15111200711
Referencia de Cobro
24011861234

Oficina Comercial: AV VENEZUELA 812

Frecuencia de Facturación	Mes Facturado	Emisión	Categoría	Vencimiento	Tarifa
Mensual	Noviembre 2007	29/11/2007	NO RESIDENCIAL	21/12/2007	ESTATAL

Propietario: ELIMINAR ELIMINAR ELIMINAR
Dirección del Suministro: AV VENEZUELA SN - CIUD UNIVERSITARIA

Dirección	Actividad	Unid. uso	Periodo de Consumo	Tipo de Facturación
LIMA (CERCADO)	USO DE LA RED DESAGUE	1	28/09/2007 - 30/10/2007	LECTURA

Información de Mediciones				Detalle de Facturación	
Medidor	Lectura Anterior	Lectura Actual	Consumo (L)	Concepto	Importe
Z101220089	2216781	2236378	21597	Cargo Fijo	3.97
				Uso de red de desagüe 14,901.93 m3	38,342.87
				I.G.V. 38,346.84 x 19%	7,285.86
				Mora	372.14
				Redondeo del mes anterior	0.34
				Redondeo del mes actual	0.02
				Consumo del	46,005.00

Información Complementaria

Factor de Descarga: 69 %
Consumo Total Calculado: 21597.00 m3
Costo Uso Alicanterilado: S/ 2.573 / m3
Estructura Tarifaria (31/08/2007)
ESTATAL 0 a mas S/ 2.573
Diámetro Conex: 200 mm

IMPORTE TOTAL
S/.,***46,005.00

Evolución de su consumo de Agua

ACTUALIZACIÓN CATASTRAL
Colabora con nuestros operadores autorizados que visitarán tu domicilio para registrar o actualizar la información.

Mensajes

El personal de SEDAPAL o de empresas contratadas no están autorizados a efectuar ningún tipo de cobro. Los pagos deben realizarse en nuestras oficinas o Centros Autorizados de Cobranza indicados al reverso del presente recibo. Denuncie los actos ilícitos al 317-8000

Estimado cliente: De no cancelar su deuda morosa esta será publicada en Centrales de Riesgo.

APAFAS Y PADRES DE FAMILIA, Capacitación gratuita. Inscripción Casa Cueto Fernandini - MED Av. Rep. de Colombia 710-San Isidro-T.421-8521

A la fecha usted adeuda:
Consumo(s) vencido(s): 1 recibo por S/. 36,390.00

Reservados todos los Derechos de Cobro

OFICINA COMERCIAL: AV VENEZUELA 812
Referencia de Cobro: 24011861234
Suministro: 2401186-8
Vencimiento: 21/12/2007
Importe: S/.,***46,005.00

sedapal
www.sedapal.com.pe
317-8000

240118612300000000460050000